

División de Ciencias y Artes para el Diseño

**Maestría en Diseño
Línea Arquitectura Bioclimática**

**Optimización de las Condiciones de Confort Termolumínico
En un Edificio Público de Oficinas de la Ciudad de México.**

Caso de Estudio: Edificio de Rectoría General de la
Universidad Autónoma Metropolitana

Tesis

Para optar al Grado de Maestro en Diseño
Línea Arquitectura Bioclimática

Presenta

Eleuterio González Gres

Aprobada por el jurado:

Director de tesis:

Dr. José Roberto García Chávez

Jurado:

Dr. Liliana O. Beltrán

Dr. David Morillón Gálvez

M. en Arq. Aníbal Figueroa Castrejón

M. en Diseño. Victor Armando Fuentes Freixanet

Dr. José Roberto García Chávez

México, D.F., diciembre del 2003

Dedicado a:

A mi esposa:

María Susana Pérez Zeferino

A mis hijos:

Juan Felipe de J. González Pérez

Israel Alejandro González Pérez

Luis Alberto González Pérez

A mis padres:

Margarita Gres Licona

Israel González Umaña

Agradecimiento a:

Lic. Margarita González Reyes
Dr. José Diego Morales Ramírez

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
1 “METODOLOGÍA APLICADA AL CASO DE ESTUDIO”	
1.1 Marco teórico.....	12
1.2 Problema.....	13
1.3 Objetivos.....	13
1.4 Preguntas de investigación.....	13
1.5 Hipótesis.....	14
1.6 Variables.....	14
1.7 Metas.....	14
1.8 Diseño de la investigación.....	15
1.9 Cuestionario de confort termolumínico.....	17
1.10 Descripción de los equipos de medición utilizados.....	23
1.11 Reporte fotográfico de la localización de puntos de medición para temperatura.....	29
2 “NORMATIVIDAD Y APLICACIÓN PARA EL CASO DE ESTUDIO”	
2.1 Reglamento de Construcción del Distrito Federal.....	36
2.2 Norma Oficial Mexicana Nom-007-Ener-1995, “Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales.....	41
2.3 Norma Oficial Mexicana Nom-008-Ener-2001, “Eficiencia Energética en Edificaciones, Envolverte de Edificios no Residenciales”.....	44
2.4 Niveles de iluminación recomendables para el caso de estudio....	54
2.5 Situación en edificios de oficina y su relación con el confort termolumínico.....	56
3 “CASO DE ESTUDIO ANÁLISIS DE UN EDIFICIO DE OFICINAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO (EDIFICIO DE RECTORÍA GENERAL DE LA U.A.M)”	
3.1 Presentación del caso de estudio.....	59
3.2 Situación actual del edificio en relación al confort termolumínico...	60
3.3 Selección de espacios representativos del caso de estudio para monitoreo de condiciones térmicas y lumínicas.....	67
3.4 Monitoreo de variables termolumínicas en los espacios seleccionados.....	89

4	“ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y PROPUESTAS PARA EL CONFORT TERMOLUMÍNICO EN EL CASO DE ESTUDIO”	
4.1	Propuestas y estrategias de confort termolumínico en los espacios analizados.....	100
4.2	Análisis de las estrategias de diseño propuestas.....	102
4.3	Evaluación del comportamiento lumínico de la propuesta del ducto, en el cielo artificial (sol difuso).....	121
4.4	Evaluación del comportamiento lumínico de la propuesta del ducto en condiciones de sol directo.....	125
5	“BENEFICIOS DEL AHORRO DE ENERGÍA E IMPACTO AMBIENTAL DE LAS PROPUESTAS”	
5.1	Contribución de las propuestas para el caso de estudio.....	136
5.2	Beneficio al mejoramiento del medio ambiente.....	137
5.3	Análisis de costo beneficio.....	138
	CONCLUSIONES GENERALES.....	139
	ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	142
	BIBLIOGRAFÍA.....	148
	ANEXOS.....	151

RESUMEN

En este trabajo de investigación se analizó la situación actual y el mejoramiento de las condiciones de confort termolumínico de un edificio de oficinas. Como caso de estudio se tomó el edificio que alberga las oficinas generales de la Universidad Autónoma Metropolitana. De este edificio se eligió una zona específica de estudio, donde se aplicó una encuesta a los usuarios con la finalidad de conocer cual es su percepción en cuanto a confort termolumínico en sus áreas de trabajo y determinar los puntos estratégicos para monitorear cada una de las variables externas del entorno natural consideradas en este trabajo (iluminación, temperatura, humedad y radiación solar).

Se aplicaron en la zona de estudio normas energéticas y aspectos del Reglamento de Construcción del Distrito Federal que tienen que ver con el tema de investigación.

Con los resultados obtenidos del monitoreo de las diferentes variables aplicadas en el caso de estudio, que en este trabajo se encuentran resumidos en gráficas, se propusieron estrategias de diseño bioclimático para posteriormente ser evaluados.

Las estrategias para el mejoramiento del confort lumínico están basadas, en la iluminación artificial y en el aprovechamiento de iluminación natural. En lo que corresponde a iluminación artificial, se propone una sectorización de los circuitos eléctricos para alumbrado, así como implementar equipos para iluminación artificial más eficientes. Para iluminación natural se proponen dispositivos de confort lumínico en la parte baja de las ventanas (repisas lumínicas) y la colocación de un ducto en la parte superior del falso plafón que a través de difusores permite captar mayor iluminación en los puntos más desfavorables, es decir aquellos más alejados de las ventanas.

Para el confort térmico la propuesta final esta basada en la remodelación de la cancelería y en la propuesta del ducto que permite en verano extraer el aire caliente acumulado en la parte superior de la zona de estudio y en invierno poder controlar a través de rejillas la entrada del aire.

Las propuestas de diseño para iluminación natural fueron evaluadas por medio de un modelo físico tridimensional, tanto en condiciones de sol difuso (cielo artificial) como en

condiciones de sol directo (exterior) para las diferentes épocas del año. Las propuestas térmicas se analizaron a través de un cálculo energético.

Los resultados encontrados con la implementación de las diferentes estrategias en el caso de estudio, nos muestran el mejoramiento en las condiciones de confort termolumínico, así como en el consumo energético y en el medio ambiente natural.

ABSTRACT

In this research work, the existing situation related to the luminous-thermal comfort of an office building was analyzed and the improvement of the conditions presented. The building selected as a case study was the main office building of the Universidad Autonoma Metropolitana. A specific zone of this building was chosen and interviews with the occupants were carried out through questionnaires to assess the perception of the luminous-thermal comfort the users in their working areas and to determine the strategic points to be monitored inside and outside the case study building.

The current local building standards for energy efficiency were applied. From the experimental results obtained of the case study building, summarized in the form of graphs in this work, bioclimatic design strategies were proposed and then evaluated.

The design strategies proposed for the luminous comfort are based on the integration of daylighting and electric lighting systems. For electric lighting, the strategies proposed are the relocation of the electric circuits and the use of highly efficient electric lighting equipment. The design strategies proposed for daylighting are light shelves in lower part of the windows and a luminous duct located in the space between the roof and the plafond, complemented with diffusers, strategically located for providing suitable illuminance levels in areas distant from the openings.

The design strategies proposed for thermal comfort are based in the retrofit of the fenestration and the use of the luminous duct to dissipate the internal heat gains during summer.

The design strategies for daylighting were evaluated using a 3D physical scale model under diffuse conditions in an artificial sky and outside, under direct sunlight conditions for different dates and hours. The thermal proposals were evaluated using a building energy thermal balance calculation.

The results showed that by implementing the design strategies proposed in the case study building the comfort luminous-thermal conditions and the environment can be improved and the energy consumption reduced.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el tema “Optimización de las Condiciones de Confort Termolumínico en un Edificio Público de Oficinas de la Ciudad de México”. Es un trabajo de tesis de maestría en diseño en la línea de Arquitectura Bioclimática, enfocada a estudios de iluminación natural y artificial, y a cálculo de balance térmico. El edificio que sirvió como “caso de estudio”, es el de Rectoría General de la U.A.M que, aun cuando no es el más representativo dentro de su género, si guarda cierta similitud en cuanto a problemas térmicos y lumínicos en sus áreas de trabajo. Se eligió este edificio, porque es de construcción reciente, no cuenta con sistemas de climatización, tiene diferentes orientaciones, es bastante accesible y además por la disponibilidad de información, tanto en planos del edificio, como de los usuarios mismos. De este edificio se seleccionó la zona específica de estudio, que fue el área de Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional, cuya tarea visual principal es la de **lectura y escritura**, considerando que los usuarios pasan muchas horas al día en la realización de esta tarea visual, es necesario que sus espacios de trabajo, tengan las condiciones térmicas y lumínicas adecuadas para llevar a cabo sus actividades con mayor eficiencia.

Los edificios son elementos esenciales para el hombre. Las condiciones de intercambio entre el ambiente exterior y el interior de las edificaciones determinan la percepción fisiológica y psicológica de sus ocupantes. Es indispensable que las condiciones de este intercambio se generen a partir de un equilibrio térmico entre el cuerpo humano y su medio ambiente. Esta premisa es indiscutiblemente una de los principales requerimientos para la salud, bienestar y confort de los usuarios en las edificaciones.

La interacción de las variables externas (radiación solar, temperatura del aire, humedad del aire, movimiento del aire, etc.), con respecto a la envolvente constructiva determina la percepción de las condiciones de confort de los ocupantes de las edificaciones. En particular, la acción de la radiación solar involucra la componente térmica y lumínica en las diversas variables climáticas externas que interactúan en las edificaciones. Esto significa que debido a la acción predominante de la radiación solar se manifiestan de manera simultánea efectos térmicos y lumínicos, que impactan las edificaciones y dan como resultado la presencia o ausencia de condiciones de **confort térmico y confort lumínico** en los ocupantes. La luz y el calor provenientes del entorno exterior juegan un

papel determinante en las edificaciones, ya que establecen las condiciones y el nivel del confort térmico y lumínico en los ocupantes. La presencia o ausencia de este confort determina la eficiencia y productividad de los usuarios en su ambiente de trabajo, y afecta de manera significativa, la salud desde los puntos de vista fisiológico y psicológico.

El confort termolumínico es particularmente importante en las edificaciones de oficinas, donde factores tales como: las tareas visuales a realizar, la carga térmica interior proveniente de usuarios y equipo, los niveles de consumo de energía, el mantenimiento de la funcionalidad de los espacios, la obtención de niveles de eficiencia y productividad laboral, niveles de salud de los ocupantes, entre otros, determinan las estrategias de diseño bioclimático y ecológico-energético a desarrollar. En este trabajo se presentan las implicaciones e importancia del confort termolumínico en edificaciones de oficinas, particularmente ubicadas en la zona metropolitana de la Ciudad de México.

1.1 Marco teórico:

El confort termolumínico es esencial en espacios de trabajo de oficina, cuya tarea visual principal es la de leer y escribir. Al dotar a los usuarios de condiciones óptimas de confort termolumínico en sus áreas de trabajo, ayudamos a aumentar su eficiencia laboral y a disminuir problemas de salud ocasionados por trabajos con iluminación deficiente y altas o bajas temperaturas.

En nuestros días, los edificios no residenciales de acuerdo a los estudios de la CONAE, el consumo de energía eléctrica por concepto de alumbrado representa entre el 60 y 90 % del total consumido en un edificio; esto quiere decir que la iluminación forma parte importante en el ahorro de energía¹.

Algunos de los problemas que presentan los edificios en cuanto a consumo energético y específicamente a iluminación; son originados por el uso inadecuado de iluminación natural y al diseño de sus instalaciones que generalmente no han sido diseñadas para cada una de las actividades que ahí se realizan.

El uso eficiente de la iluminación natural puede ayudar a reducir el uso de iluminación artificial; considerando que en nuestro país la generación de energía eléctrica se realiza principalmente mediante la quema de combustibles fósiles, el ahorro energético aparte de repercutir económicamente, también lo hace en la reducción de emisión de contaminantes principalmente en bióxido de carbono (CO_2), bióxido de azufre (SO_2) y óxido nítrico (NO_2)².

En lo que se refiere a la arquitectura bioclimática, las medidas de ahorro, estarán encaminadas a estudios específicos de iluminación natural y al mejoramiento de la ventilación natural en relación al confort térmico. Así mismo, proponer dispositivos de control termolumínico, que promuevan el mejoramiento de las condiciones térmicas y lumínicas de los usuarios.

¹<http://www.conae.gob.mx/eventos/cieneeddiffpub.html>

² Secretaría de Energía. Consumo Final Energético por Sectores. Cap. 9 Balance Nacional de Energía.

1.2 Problema:

Analizar la situación actual de espacios de trabajo de oficina, en cuanto a, condiciones termolumínicas de confort y a consumo energético.

1.3 Objetivos:

General:

Propiciar el mejoramiento del confort termolumínico en un espacio de trabajo para oficinas a través de propuestas de estrategias en un caso de estudio. Así como promover el ahorro en el consumo energético e impacto en la preservación del medio ambiente natural.

Específicos:

- Analizar las condiciones de confort termolumínico de un espacio de trabajo, en un caso de estudio propuesto.
- Presentar propuestas para el mejoramiento de las condiciones térmicas y lumínicas en el caso de estudio.
- Optimizar el consumo energético en los edificios públicos de oficina, mediante el diseño adecuado de las instalaciones para iluminación artificial y el uso eficiente de equipos de iluminación.

1.4 Preguntas de investigación:

- ¿Cómo mejorar los espacios para trabajo de oficina mediante un uso eficiente de iluminación natural y artificial?
- ¿Qué problemas de diseño en iluminación presentan los espacios de trabajo para oficina?
- ¿Qué impacto tiene la iluminación en general en edificios públicos de oficinas en cuanto a consumo energético?
- ¿Cuál es la aportación de la aplicación de estrategias de diseño bioclimático, al confort termolumínico del caso de estudio?

1.5 Hipótesis:

- Por medio de la aplicación de estrategias térmicas y lumínicas eficientes se puede reducir el consumo de energía y mejorar las condiciones de confort termolumínico de los ocupantes de edificios de oficinas en México.
- Las ganancias térmicas por equipos de iluminación artificial, tienen un gran impacto en el confort térmico de los usuarios en el edificio caso de estudio.

1.6 Variables:

- Niveles de iluminación en los diferentes puntos de ubicación, bajo condiciones de cielo nublado y de sol directo.
- Niveles de temperatura en las zonas de trabajo, durante la época de verano e invierno.
- Parámetros de grado de confort termolumínico recomendables para trabajos de oficina.
- Impacto de equipos de iluminación artificial, equipos de uso de oficina y actividad de los usuarios en el confort térmico.
- Eficiencia de las estrategias de diseño bioclimático en un espacio de trabajo de oficinas.
- Beneficios económicos y ambientales de la aplicación de estrategias en el caso de estudio.

1.7 Metas:

- Hacer mediciones de temperatura, iluminación, humedad y radiación solar en el caso de estudio.
- De acuerdo a los resultados de las mediciones de temperatura e iluminación, recomendar estrategias de diseño bioclimático para el mejoramiento del confort termolumínico.
- Evaluar las estrategias de diseño para confort lumínico en un modelo físico tridimensional de la zona específica de estudio, para diferentes condiciones de sol y épocas del año.

- Analizar el impacto en el consumo energético y mejoramiento ambiental, con la aplicación de las estrategias en el caso de estudio.
- Observar la relación de la temperatura con las ganancias internas por equipos y usuarios.

1.8 Diseño de la investigación:

Para efecto de este trabajo la metodología básicamente comprendió la definición del problema, selección de la zona específica de estudio, ubicación de puntos para monitoreo principalmente de temperatura e iluminación. Recopilar datos de temperatura, iluminación, humedad y radiación solar.

Elaboración del modelo físico tridimensional de la zona específica de estudio en el estado actual para hacer evaluado en el cielo artificial.

Aplicación de estrategias de diseño bioclimático en la zona específica de estudio y evaluación de las estrategias a través del modelo físico tridimensional de la zona específica de estudio.

Esquema del proceso de investigación para el caso de estudio.

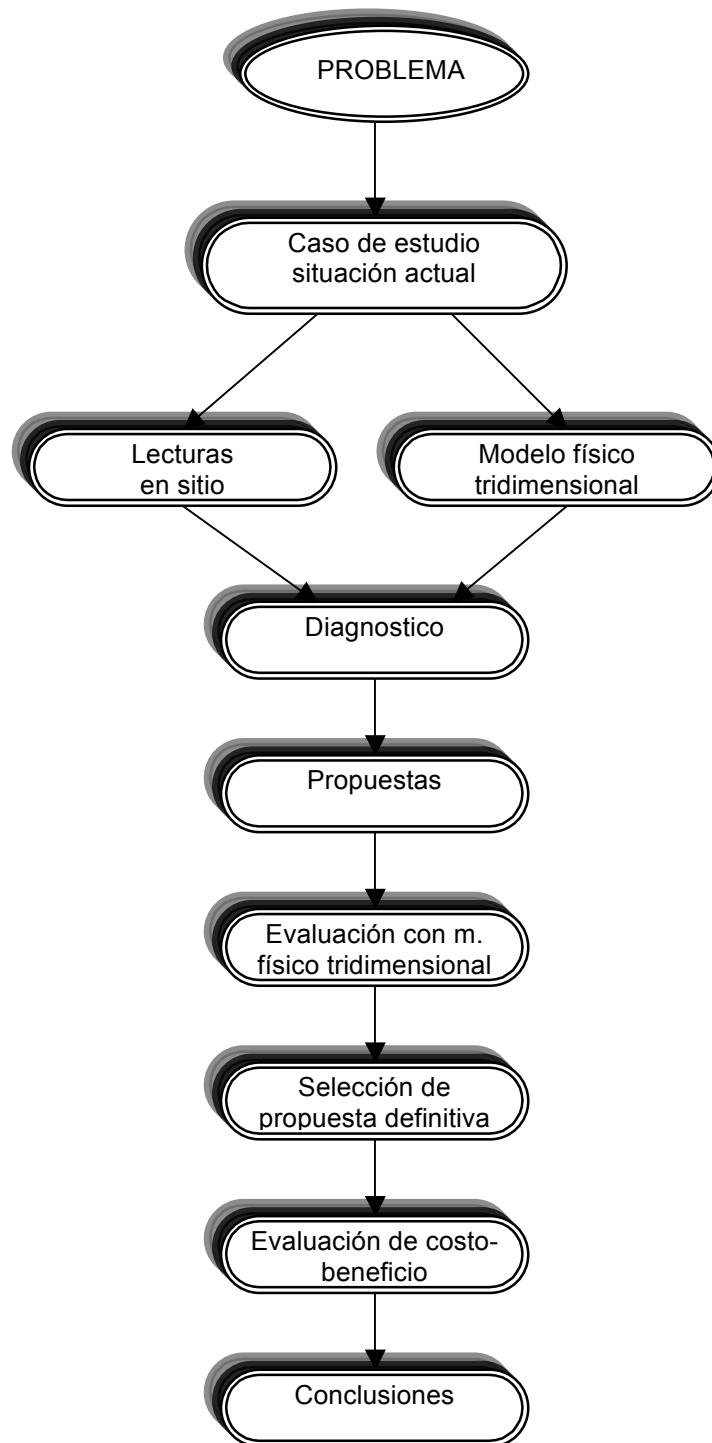


Fig. 1.1 Seguimiento metodológico para este trabajo de investigación

Cielo artificial.

El cielo artificial que se ha utilizado durante el desarrollo de esta investigación. El cual está localizado en el interior del laboratorio de arquitectura bioclimática de la U.A.M. Azcapotzalco y cuenta con las siguientes características:

Es un cielo artificial de tipo rectangular de 2.30 mts. de ancho, por 4.22 mts. de largo y 3.00 mts. de alto, con una mesa de trabajo en el interior de 1.20 mts. de ancho, 1.50 mts. de largo y una altura de 0.89 mts. Construido por un plafón luminoso, muros cubiertos de espejos colocados verticalmente en el perímetro de este, para generar las reflexiones opuestas y el efecto de infinito o bóveda.

La simulación que genera este cielo artificial, es de tipo nublado, con una iluminancia promedio en general de 7200 lux.

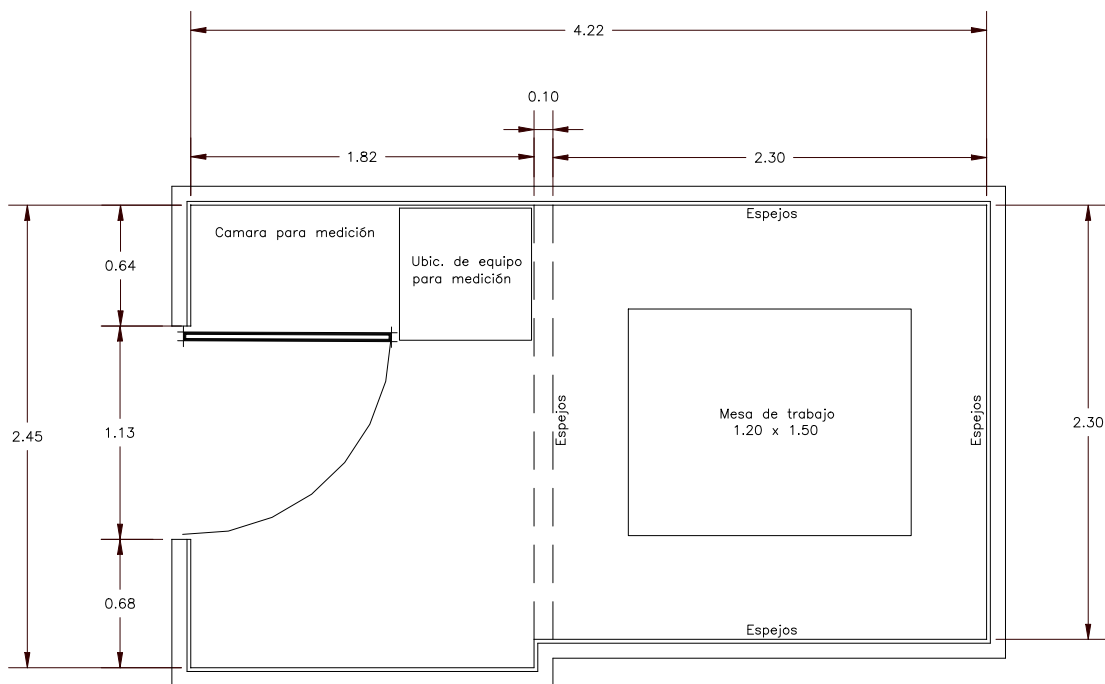


Fig. 1.2 Cielo artificial utilizado en las mediciones de iluminación natural.

1.9 Cuestionario de confort termolumínico.

Con el objetivo de saber cual es la situación de los usuarios con respecto al confort termolumínico en sus áreas de trabajo, se les aplicó un cuestionario que constó de 10 preguntas relacionadas al confort lumínico y 5 preguntas al confort térmico.

Las siguientes figuras muestran el resultado del cuestionario aplicado a los usuarios de la zona específica del caso de estudio. En estas podemos observar la situación de los usuarios en cuanto al grado de confort termolumínico que tienen en los en los espacios de trabajo y el impacto que genera en cuanto a salud y rendimiento laboral.

La información proporcionada por los usuarios es corroborada con las mediciones de iluminación, temperatura y humedad, en los cuales se observa que el usuario efectivamente trabaja bajo condiciones deficientes de iluminación y a temperaturas por arriba del grado de confort.

Es importante mencionar que los usuarios de ésta zona específica de estudio mostraron bastante disponibilidad en contestar cada una de las preguntas manteniendo la esperanza que en un futuro se les mejore se área de trabajo con relación al confort termolumínico.

CUESTIONARIO DE CONFORT TERMOLUMÍNICO

PROYECTO:

Proyecto piloto para determinar las condiciones de Confort Termolumínico de los ocupantes de edificios de oficinas.

OBJETIVO:

Conocer su opinión acerca de las condiciones de Confort Termolumínico en su área de trabajo, para mejorarlo.

FECHA:

HORA:

LUGAR:

LATITUD:

LONGITUD:

ALTITUD:

TIPO DE CLIMA:

TEMPLADO

SEMIFRÍO

NOMBRE DEL ENTREVISTADO:

CARGO:

UBICACIÓN:

ELABORÓ:

- Este cuestionario es confidencial y se usará para fines estadísticos.

INSTRUCCIONES: Escriba una "X" en el cuadro correspondiente a la respuesta que usted considere adecuada.

CUESTIONARIO

B. PARÁMETRO: TEMPERATURA

A.1 ¿Cómo considera la iluminación en general?

Muy Buena ☐ 1 Buena ☐ 2 Regular ☐ 3 Mala ☐ 4 Muy Mala ☐ 5

OBSERVACIONES Y
COMENTARIOS

OBSERVACIONES Y
COMENTARIOS

A.2 ¿Es afectado su rendimiento laboral cuando no cuenta con iluminación suficiente?

	1		2		3		4		5
Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi Siempre	<input type="checkbox"/>	Pocas Veces	<input type="checkbox"/>	Casi Nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca	<input type="checkbox"/>

A.3 ¿Cómo considera usted la iluminación natural?

	1		2		3		4		5
Muy Buena	<input type="checkbox"/>	Buena	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Mala	<input type="checkbox"/>	Muy Mala	<input type="checkbox"/>

A.4 ¿Cuando ha trabajado con iluminación deficiente, considera que le ha ocasionado algún daño a su salud?

	1		2		3		4		5
Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi Siempre	<input type="checkbox"/>	Pocas Veces	<input type="checkbox"/>	Casi Nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca	<input type="checkbox"/>

A.5 ¿Cómo considera usted la iluminación artificial?

	1		2		3		4		5
Muy Buena	<input type="checkbox"/>	Buena	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Mala	<input type="checkbox"/>	Muy Mala	<input type="checkbox"/>

A.6 ¿En su área de trabajo, escritorio o pantalla de computadora, percibe algún efecto indeseable como reflejos, deslumbramiento o contrastes molestos, provenientes de luminarios y/o ventanas?

	1		2		3		4		5
Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi Siempre	<input type="checkbox"/>	Pocas Veces	<input type="checkbox"/>	Casi Nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca	<input type="checkbox"/>

A.7 ¿Para usted cómo funciona el diseño de iluminación artificial en cuanto a colocación de lámparas y apagadores?

	1		2		3		4		5
Muy Bien	<input type="checkbox"/>	Bien	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Mal	<input type="checkbox"/>	Muy Mal	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES Y
COMENTARIOS

A.8 ¿Siente algún cambio en la temperatura cuando está funcionando la iluminación artificial?

	1		2		3		4		5
Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi Siempre	<input type="checkbox"/>	Pocas Veces	<input type="checkbox"/>	Casi Nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca	<input type="checkbox"/>

A.9 ¿Cómo considera el consumo energético en cuanto a iluminación artificial?

	1		2		3		4		5
Muy Alto	<input type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>	Normal	<input type="checkbox"/>	Bajo	<input type="checkbox"/>	Muy Bajo	<input type="checkbox"/>

A.10 Califique el nivel de Confort Lumínico que percibe en su área de trabajo:

	1		2		3		4		5
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Muy Satisfactorio		Satisfactorio		Poco Satisfactorio		No Satisfactorio		Totalmente Desagradable	

NOTAS:

B. PARÁMETRO: TEMPERATURA

B.1 El lugar donde usted desarrolla su trabajo es:

1
 Muy Frío ☐
 2
 Frío ☐
 3
 Confortable ☐
 4
 Caluroso ☐
 5
 Muy Caluroso ☐

B.2 Cuando hace demasiado calor, utiliza:

1
 Aire Acondicionado ☐
 2
 Aire Acondicionado y Ventilador ☐
 3
 Ventilador ☐
 4
 Nada ☐

B.3 ¿Qué sensación percibe en su área de trabajo, sin tener prendido el sistema de climatización artificial?

1
 Muy Frío ☐
 2
 Frío ☐
 3
 Confortable ☐
 4
 Caluroso ☐
 5
 Muy Caluroso ☐

B.4 ¿Qué sensación percibe en su área de trabajo, cuando tiene prendido el sistema de climatización artificial?

1
 Muy Frío ☐
 2
 Frío ☐
 3
 Confortable ☐
 4
 Caluroso ☐
 5
 Muy Caluroso ☐

B.5 Si su sensación de la temperatura es incómoda, es debido a:

La Temperatura aun con el sistema artificial de climatización es alta, por lo que tiene que recurrir al uso de un ventilador cercano.

☐

La Temperatura sin un sistema artificial de climatización es muy alta, se siente mucho calor, y cuando se prende éste sistema, la temperatura es demasiado baja (se siente mucho frío)

☐

OBSERVACIONES Y
COMENTARIOS

1.10 Descripción de los equipos utilizados para medición de temperatura, iluminación, humedad y radiación solar.

En el proceso de la investigación se usaron diferentes equipos de medición, todos ellos de gran confiabilidad. En las siguientes figuras podemos observar a cada uno de ellos.

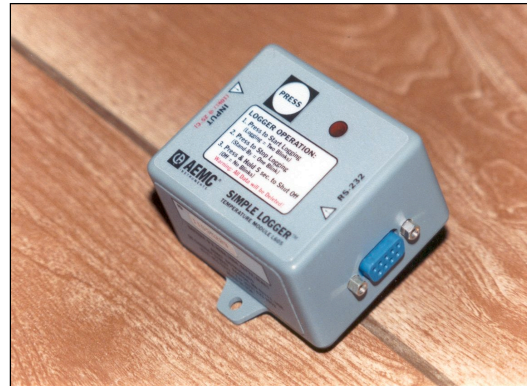


Fig. 1.3 Vista del logger utilizado para medición de temperatura.

Fabricado por AEMC Instruments, USA.

El simple logger tiene solamente un botón y un indicador. Ambos están localizados en la parte frontal del panel.

El botón es usado al iniciar la medición, al terminar la medición y para borrar la información almacenada se presiona durante cinco segundos.

El indicador al iniciar muestra un parpadeo, al terminar muestra dos parpadeos y al borrar la información se apaga.



Fig. 1.4 Vista de luxómetro tipo ilunometer Fx-200.The Watt Stopper.



Fig. 1.5 Vista de luxómetro tipo Light Meter, Extech Instruments.

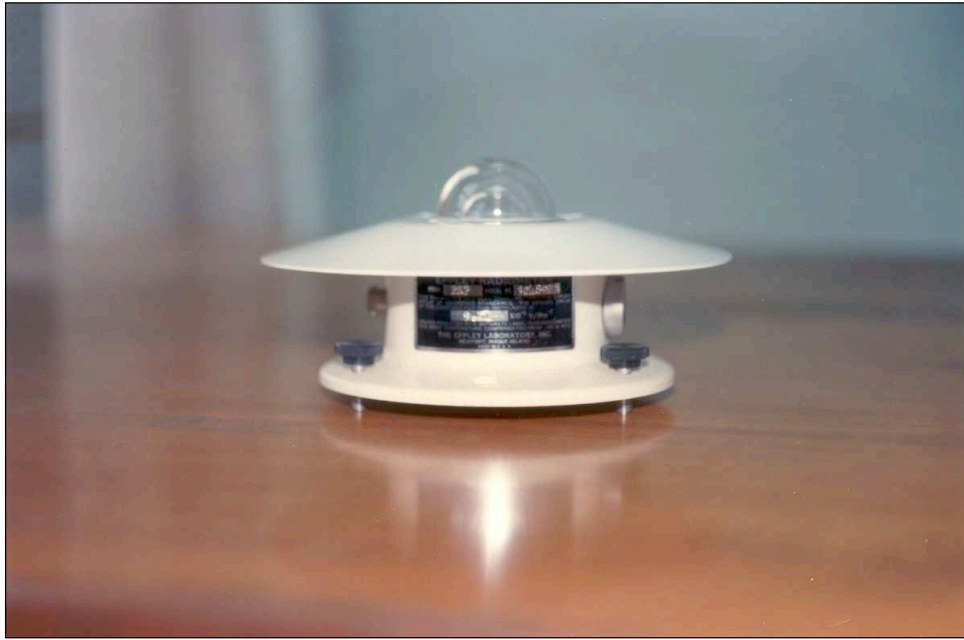


Fig. 1.6 Vista de frontal del piranómetro para medición de radiación solar.

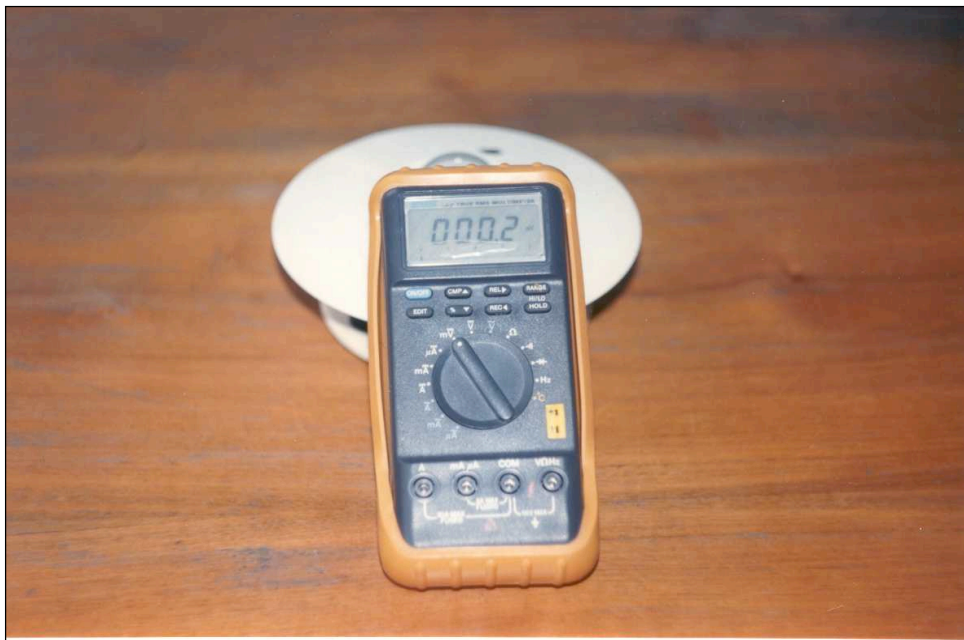


Fig. 1.7 Vista del equipo completo que se utilizó para medir radiación solar con lecturas tomadas en milivolts.



Fig. 1.8 Vista del actinógrafo que se utilizó para medir radiación solar, colocado en la azotea del edificio.



Fig. 1.9 Vista de la parte interna del actinógrafo.



Fig. 1.10 Vista del termohigrógrafo que se utilizó para medir temperatura y humedad colocado en el interior del edificio caso de estudio.



Fig. 1.11 Vista del termohigrógrafo que se utilizó para medir temperatura y humedad colocado en la azotea del edificio caso de estudio.



Fig. 1.12 Colocación del termohigrógrafo en la azotea del edificio caso de estudio, también se colocó un sensor para temperatura (logger).



Fig. 1.13 Vista del termohigrómetro que se utilizó para medir temperatura y humedad.

1.11 Reporte fotográfico de la localización de puntos de medición para temperatura.

Para la colocación del logger para medición de temperatura se tomó en cuenta la ubicación del usuario con respecto a su área de trabajo y así se hizo para el caso de iluminación en general.

En las fotografías que fueron tomadas durante el día se observa que las lámparas están encendidas, al igual que la presencia de ventiladores que estaban en funcionamiento.

Para lecturas de medición de temperatura en el exterior en un principio el instrumento se colocó en la parte de una estructura (Fig. 1.21) cuando se capturó la información se observó que había ciertas variaciones y por lo tanto se decidió construir un contenedor especial para ser colocado en la azotea del edificio (Fig. 1.23). También en la azotea se colocaron equipos para medición de radiación solar y humedad.

La mayoría de los espacios de trabajo son de tipo abierto, pero también existen oficinas cerradas (Fig. 1.18) generalmente para usuarios que son jefes de alguna área donde el problema principal radica en el grado de confort térmico; ya que sus condiciones lumínicas son más favorables aún cuando no dejan de tener algún deslumbramiento ocasionado por la iluminación natural. Este tipo de oficina, es de los únicos espacios de trabajo donde se puede controlar independientemente la iluminación artificial.



Fig. 1.14 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 1 (logger 1355 y 1354).



Fig. 1.15 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 2 (logger 1402 y 1341).



Fig. 1.16 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 3 (logger 1376 y 1369).



Fig. 1.17 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 5 (logger 1341 y 1355).



Fig. 1.18 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 6 (logger 1486 y 1455).



Fig. 1.19 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 7 (logger 1359 y 1486).



Fig. 1.20 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 9 (logger 1359).



Fig. 1.21 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 10. Nota: este punto solo fue de prueba, los datos no fueron utilizados.



Fig. 1.22 Vista de la colocación del actinógrafo en la azotea del edificio caso de estudio.



Fig. 1.23 Vista de la colocación del termohigrógrafo en la azotea del edificio caso de estudio. También se colocó el logger para temperatura exterior (p.10).

2.1 Reglamento de construcción del Distrito Federal.

Los conceptos relacionados al tema de investigación que se marcan en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal básicamente se refieren a Ventilación e Iluminación. Los parámetros que se mencionan son mínimos con los cuales se cree que un edificio para oficinas estaría en confort, cabe señalar que aun así hay edificios que ni siquiera cumplen con estos requisitos mínimos.

Los factores de Ventilación e Iluminación juegan un papel muy importante en cualquier edificación, en cuanto al ahorro energético para un edificio público que alberga grandes cantidades de usuarios, contar con el uso eficiente de estos factores tiene un gran impacto en el consumo energético.

TITULO QUINTO

PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Capítulo III

“Requerimientos de Higiene, Servicios y Condicionamiento Ambiental”

Artículo 90

Los locales en las edificaciones deberán contar con medios de ventilación para asegurar la provisión a sus ocupantes de aire exterior.

- I. Deberán tener ventilación natural por medio de ventanas que den a la vía pública, terrazas, azoteas, etc., el área de abertura no será menor al 5% del área del local.
- II. O bien deberán ventilarse con medios artificiales garantizando en los periodos de uso los siguientes cambios de volumen de aire:

Tipo de Local	Cambios de Aire por hora
Vestíbulos	1
Locales de trabajo y reunión en general y sanitarios domésticos	6
Cocinas domesticas, baños públicos, cafeterías, restaurantes y estacionamientos	10

Tabla 2.1 Requisitos de cambios de aire por hora para algunos locales.

Fuente: Reglamento de Contrsucciones para el Distrito Federal.

El aire acondicionado se proveerá a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$ medida en bulbo seco y una humedad relativa de $50\% + - 5\%$ debiendo tener filtros mecánicos para una adecuada limpieza del aire.

- III. Donde se instale aire acondicionado deberán existir condiciones herméticas, instalando ventilas de emergencia con una área menor del 10 % con respecto a la fracción I del artículo.
- IV. Se podrán ventilar las circulaciones horizontales a través de otros locales a razón de un cambio de volumen por hora.

Requerimientos mínimos de ventilación.

- I. Los locales habitables y las cocinas domésticas en edificaciones habitacionales, los locales habitables en edificios de alojamiento, los cuartos de encamados en hospitales y las aulas en edificaciones para educación elemental y media, tendrán ventilación natural pormedio de ventanas que den directamente a la vía pública, terrazas, azoteas, superficies descubiertas, interiores o patios que satisfagan lo establecido en la literal G de este artículo. El área de aberturas de ventilación no será inferior al 5% del área local.
- II. Los demás locales de trabajo, reunión o servicio en todo tipo de edificación tendrá ventilación natural con las mismas características mínimas señaladas en el inciso anterior, o bien, se ventilarán con medios artificiales que garanticen durante los periodos de uso, los siguientes cambios del volumen del aire del local:

Los sistemas de aire acondicionado proveerán aire a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$; medida en bulbo seco, y una humedad relativa del $50\% \pm 5\%$. Los sistemas tendrán filtros mecánicos de fibra de vidrio para tener una adecuada limpieza de aire.

Requisitos mínimos de iluminación.

Los locales en las edificaciones contarán con medios que aseguren la iluminación diurna y nocturna necesaria para sus ocupantes y cumplan los siguientes requisitos:

- I. Los locales habitables y las cocinas domésticas en edificaciones habitacionales, locales habitables en edificios de alojamiento, aulas en las edificaciones de educación elemental y media, y cuartos para encamados en hospitales, tendrán iluminación diurna natural por medio de ventanas que den directamente a la vía pública, terrazas, azoteas, superficies descubiertas, interiores o patios que satisfagan lo establecido en el literal G de este artículo. El área de las ventanas no será inferior a los siguientes porcentajes, correspondientes a la superficie del local, para cada una de las orientaciones:

Norte 15%

Sur 20%

Este y Oeste 17.5%

En el dimensionamiento de ventanas se tomará en cuenta, complementariamente lo siguiente:

- a) Los valores para orientaciones intermedias a las señaladas podrán interpolarse en forma proporcional, y
- b) Cuando se trate de ventanas con distintas orientaciones en un mismo local, las ventanas se dimensionarán aplicando el porcentaje mínimo de iluminación a la superficie del local dividida entre el número de ventanas;

- II. Los locales cuyas ventanas estén ubicadas bajo marquesinas, techumbres, pórticos o volados, se considerarán iluminadas y ventiladas naturalmente cuando dichas ventanas se encuentren remetidas como máximo la equivalente a la altura de piso a techo de la pieza o local;

- III. Se permitirá la iluminación diurna natural por medio de domos o tragaluces en los casos de baños, cocinas no domésticas, locales de trabajo, reunión, almacenamiento, circulaciones y servicios.

En estos casos, la proyección horizontal del vano libre del domo o tragaluz podrá dimensionarse tomando como base mínima el 4% de la superficie del local. El coeficiente de transmitividad del espectro solar del material transparente o translúcido de domos o tragaluces en estos casos no será inferior al 85%.

Se permitirá la iluminación en fachadas de colindancia mediante bloques de vidrio prismático translúcido a partir del tercer nivel sobre la banqueta sin que esto disminuya los requerimientos mínimos establecidos para tamaño de ventanas y domos o tragaluces, y sin la creación de derechos respecto a futuras edificaciones vecinas que puedan obstruir dicha iluminación.

- IV. Los locales a que se refieren las fracciones I y II contarán, además, con medios artificiales de iluminación nocturna en los que la salidas correspondientes deberán proporcionar los niveles de iluminación a que se refiere la fracción VI,
- V. Los niveles de iluminación en luxes que deberán proporcionar los medios artificiales serán, como mínimo, los siguientes:

Fracción VI

Tipo	Local	Nivel de iluminación lux
Oficinas	Áreas de trabajo	250
	Circulaciones horizontales y verticales	100
	Elevadores	100
	Sanitarios	75

Tabla 2.2 Niveles de iluminación en lux para oficinas.

Fuente: Reglamento de Contrucciones para el Distrito Federal.

Requisitos mínimos de los patios de iluminación.

Los patios de iluminación y ventilación natural deberán cumplir con las disposiciones siguientes:

- I. Las disposiciones contenidas en este literal conciernen a patios con base en forma cuadrada o rectangular. Cualquier otra forma deberá requerir de autorización especial por parte del Departamento;
- II. Los patios de iluminación y ventilación natural tendrán por lo menos, las siguientes dimensiones, que no serán nunca menores de 2.50 m. salvo los casos enumerados en la fracción III.

Tipo de local	Dimensión mínima (en relación a la altura de los paramentos del patio)
Locales habitables, De comercio y oficinas	1/3
Locales complementarios	1/4
Para cualquier otro tipo de local	1/5

Tabla 2.3 Dimensiones para patios de iluminación en las edificaciones.

Fuente: Reglamento de Contrucciones para el Distrito Federal.

- III. Se permitirán las siguientes tolerancias en las dimensiones de los patios de iluminación y ventilación natural:
 - a) Reducción hasta de una cuarta parte en la dimensión mínima del patio en el eje norte-sur, y hasta una desviación de treinta grados sobre este eje, siempre y cuando en el sentido transversal se incremente, cuando menos, en una cuarta parte la dimensión mínima;

- b) En cualquier otra orientación, la reducción hasta de una quinta parte en una de las dimensiones mínimas del patio, siempre y cuando la dimensión opuesta tenga por lo menos una quinta parte más de la dimensión mínima correspondiente;
 - c) En los patios completamente abiertos por uno o más de sus lados a vía pública, reducción hasta la mitad de la dimensión en los lados perpendiculares a dicha vía pública, y
 - d) En el cálculo de las dimensiones mínimas de los patios de iluminación y ventilación podrán descontarse de la altura total de los parámetros que lo confinan, las alturas correspondientes a la planta baja y niveles inmediatamente superiores a ésta, que sirvan como vestíbulos, estacionamientos o locales de máquinas y servicios.
- IV. Los muros de patios de iluminación y ventilación natural que se limiten a las dimensiones mínimas establecidas en este artículo y hasta 1.3 veces dichos valores, deberán tener acabados de textura lisa y colores claros, y
- V. Los patios de iluminación y ventilación natural podrán estar techados por domos o cubiertas siempre y cuando tengan una transmitividad mínima del 85% en el espectro solar y un área de ventilación en la cubierta no menor al 10% del área del piso del patio.

2.2 Norma Oficial Mexicana Nom-007-Ener-1995, “Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales”.

La presente norma es resultado de una de las preocupaciones que ha tenido el “Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000”, para impulsar el uso eficiente de los recursos energéticos y promover el mejoramiento al medio ambiente. Dentro de esta norma hablar de Eficiencia Energética se refiere a, obtener el máximo rendimiento de la energía consumida, a través del establecimiento de valores límite de la DPEA sin afectar el confort psicofisiológico de los ocupantes, al llevar a cabo con eficiencia sus actividades.

Objetivos:

- a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de densidad de potencia eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos y ampliaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica en estas instalaciones, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminación requeridos.
- b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la densidad de potencia eléctrica (DPEA) de los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales con el fin de verificar al cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

Campo de aplicación.

El campo de aplicación de esta norma oficial mexicana comprenderá los sistemas de alumbrado interior y exterior para uso general de los edificios nuevos no residenciales, con carga conectada mayor de 20 kW y los sistemas de alumbrado interior y exterior, para uso general de ampliaciones mayores de 20 kW en edificios no residenciales ya existentes.

Edificios que comprende la norma:

- a) Edificios para oficinas.
- b) Escuelas y demás centros docentes.
- c) Hospitales y clínicas.
- d) Hoteles y moteles.
- e) Restaurantes y cafeterías.
- f) Establecimientos comerciales.

Tipo de edificio	Densidad de potencia eléctrica (w/m ²)	
	ALUMBRADO INTERIOR	ALUMBRADO EXTERIOR
Oficinas	16,0	1,8
Escuelas	16,0	1,8
Hospitales	14,5	1,8
Hoteles	18,0	1,8
Restaurantes	15,0	1,8
Comercios	19,0	1,8
Bodegas o áreas de almacenamiento.*	8,0	
Estacionamientos interiores.*	2,0	

Tabla 2.4 Valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Fuente: Secretaría de Energía, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE).

$$DPEA = \frac{\text{Carga Total Conectada para Alumbrado}}{\text{Area Total Iluminada}}$$

Donde:

La Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) está expresada en W/m², la carga total conectada para alumbrado está expresada en Watts y el área total iluminada está expresada en m².

Aplicación de la norma en el caso de estudio:

La zona específica de estudio tiene una carga conectada para alumbrado de 4664 Watts distribuida en una superficie de 356.20 m².

$$DPEA = \frac{4664 \text{ W}}{356.20 \text{ m}^2}$$

La densidad de potencia eléctrica para el caso de estudio es en promedio 13.09 W/m². Se cumple en lo establecido en esta Norma.

2.3 Norma Oficial Mexicana Nom-008-Ener-2001, “Eficiencia Energética en Edificaciones, Envolvente de Edificios no Residenciales”.

Las edificaciones en México consumen grandes cantidades de energía para acondicionamiento de aire, principalmente durante las épocas de calor. Todo esto para proporcionar a sus ocupantes condiciones óptimas de confort. Esta norma pretende optimizar el diseño de la envolvente, para cuestiones del comportamiento térmico de la misma, con esto impactar en el consumo energético y contribuir al mejoramiento del medio ambiente.

Objetivo:

Esta Norma limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

Campo de aplicación.

La norma aplica a todos los edificios nuevos y las ampliaciones de edificios existentes, quedando excluidos edificios cuyo uso primordial sea industrial o habitacional.

Para efectos de la presente norma se considera como envolvente de un edificio lo que corresponde a: techos, paredes, vanos, pisos y superficies inferiores, que conformen el espacio interior de un edificio.

La norma propone realizar el cálculo del presupuesto energético, en el cual interviene la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado, por medio de conducción y ganancia de calor por radiación solar.

Aplicación de la norma en el caso de estudio:

En la aplicación de esta norma se toman en cuenta las dimensiones reales de la zona específica de estudio (Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional), en cuanto a, piso, techo, muros y ventanas.

Nota: Se suprime la primera hoja del formato de esta norma la cual contiene los datos generales del edificio, que no son relevantes.

2.4 Niveles de iluminación recomendables para el caso de estudio.

Para hablar de niveles óptimos de iluminación, es necesario considerar varios aspectos como son: la tarea visual, el tamaño, textura y color de los objetos, y características específicas de los usuarios en cuanto a la edad y a su agudeza visual.

Es importante considerar en el diseño de la iluminación de los espacios para oficina, la depreciación de los equipos de iluminación y la falta de mantenimiento que estos tengan durante su vida útil para que los niveles de iluminación nunca estén debajo de lo requerido.

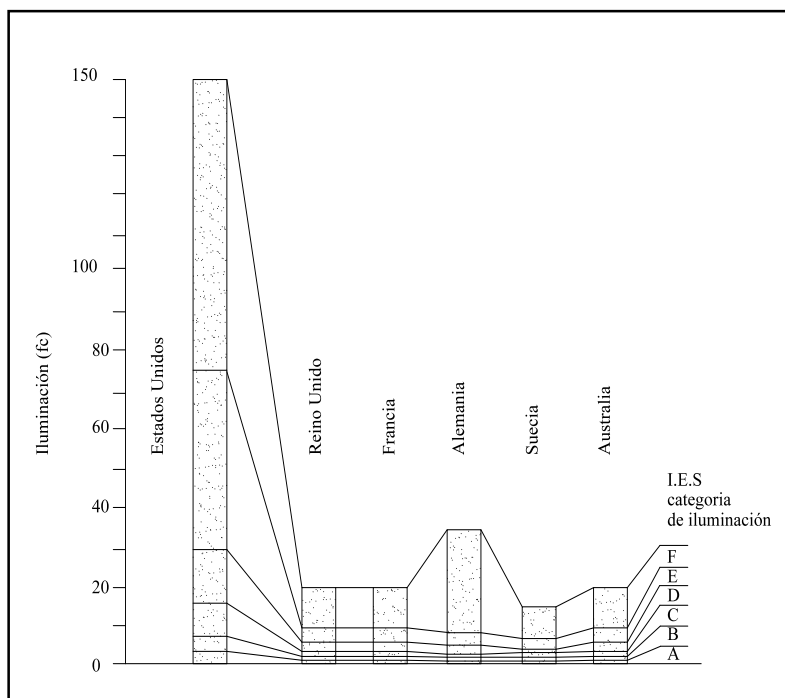


Fig. 2.1 Comparación de illuminating engineering society (ies) de iluminancias en varios países.

Fuente: Fuller, Moore. Environmental Control Systems, Heating Cooling Lighting, Editorial McGraw-Hill, Inc., U.S.A 1993.

En la figura 2.1 se observa que hay mucha diferencia en cuanto a niveles de iluminación en Estados Unidos y otros países, en las siguientes tareas visuales:

- (A) Espacios públicos en alrededores oscuros.
- (B) Orientación simple para cortas visitas temporales.

- (C) Tareas visuales que ocasionalmente son ejecutadas.
- (D) Tareas visuales de altos contrastes de gran tamaño.
- (E) Tareas visuales de mediano contraste o de pequeño tamaño.
- (F) Tareas visuales de bajo contraste o de muy pequeño tamaño.

	IM	CV	°K	IRC
<i>Oficinas en general</i>				
Cajas y ventanillas:	250/500 Lx	A/B	4.000	85
Salas de reunión:	100/300 Lx	A/B	3.300/4.000	80
Contabilidad:	400/600 Lx	A/B	3.300/4.000	80
Proceso de datos:	500/600 Lx	Iluminación especial		
Oficinas de planta abierta:	750/1.000 Lx	A/B	3.300/4.000	80
Mecanografía:	400/600 Lx	A/B	3.300/4.000	80
Recepción:	200/300 Lx	A/B	3.300/4.000	80/100
Circulación:	100/300 Lx	A/B	3.300/4.000	80
Lavabos:	100/200 Lx	A/B	3.300/4.000	80
Escaleras:	200/300 Lx	B/C	3.300/4.000	60
Ascensores y rampas:	25/150 Lx	B/C	3.300/4.000	60
Salas de dibujo, mesas:	1.000/1.500 Lx	A/B	4.000	90/100
Salas de dibujo, general:	200/300 Lx	A/B	4.000	90/100
Oficinas de información:	150/500 Lx	A/B	3.300/4.000	80
Oficinas privadas:	250/300 Lx	A/B	3.300/4.000	80/90
Salas de espera:	150/500 Lx	A/B	3.300/4.000	80
Comedores y salones:	100/300 Lx	B/C	3.000	80
Cocinas:	200/300 Lx	B/C	3.000	80
Cámaras frigoríficas:	50/100 Lx	B/C	3.000	80
Exposición interior general:	500 Lx	A/B	4.000	85/100
Exposición interior puntual:	3.000 Lx	A/B	3.000	85
Archivos, estanterías:	150/200 Lx	A/B	4.000	70
Archivos lectura:	400/600 Lx	A/B	4.000	70
Archivos largo plazo:	150/200 Lx	A/B	4.000	70
<i>Áreas generales en edificios</i>				
Entradas y accesos:	200 Lx	A/B	4.000	70
Zonas de circulación:	100 Lx	C/D	4.000	80
Servicios:	100 Lx	B/C	4.000	80
Sótanos y almacenes:	150 Lx	C/D	4.000	80

Tabla 2.6 Recomendación de niveles de iluminación para oficinas en lux.

Fuente: Jiménez Carlos, Oficinas, Ed. Ceac 1997.

2.5 Situación en edificios de oficina y su relación con el confort termolumínico.

Los edificios de oficinas y en general edificios del ámbito burocrático o administrativo, son los mayores consumidores de energía, que prácticamente la consumen para iluminar y ventilar. Estos edificios concentran grandes cantidades de personas, las cuales requieren de confort térmico y lumínico, para llevar a cabo con eficiencia sus actividades.

El consumo nacional de energía en 1999 fue de 6,280.487 petajoules, dentro de este consumo el sector residencial, comercial y público requirió del 21%, para poder llevar a cabo sus necesidades que básicamente se refieren a: iluminación, cocción de alimentos, calefacción, calentamiento de agua y alumbrado público. Para satisfacer estos consumos se utilizaron gas licuado (41,5% del consumo total), leña 29.3%, electricidad 21.0%, gas natural 3.4%, combustóleo 3.7% y en conjunto el diesel y los querosenos con 0.6%³.

Las grandes superficies acristaladas que tienen los edificios de oficinas, presentan problemas de control térmico y lumínico, esto complica al tratar de homogeneizar el microclima interior de un edificio, es decir, mantener estable la temperatura, humedad e iluminación.

La modernidad de los espacios de oficina y los avances tecnológicos, han revolucionado los puestos de trabajo, que ahora cuentan en su mayoría con un equipo de cómputo. La exigencia del confort termolumínico ha aumentado; ya que de acuerdo a investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad ocupacional de Estados Unidos, han demostrado que una iluminación deficiente en áreas de trabajo, con equipo de cómputo, tiene repercusiones en los usuarios en los siguientes porcentajes:

³ Secretaría de Energía. Consumo Final Energético por Sectores. Cap. 9. Balance Nacional de Energía p35.

	Operadores	No operadores
Vista cansada	90%	65%
Ojos irritados	72%	48%
Visión borrosa	70%	30%
Problemas de percepción de color	38%	8%
Calambres en las manos	45%	12%
Dolores musculares	75%	55%
Dolores de espalda	75%	55%
Dolores de muñeca	45%	8%

Tabla 2.7 Porcentaje de usuarios que presentan problemas de salud debido a iluminación insuficiente en sus áreas de trabajo.

Fuente: Jiménez Carlos, Oficinas, Ed. Ceac 1997.

3.1 Presentación del caso de estudio.

Los edificios de oficinas y en general edificios del ámbito burocrático o administrativo, son los mayores consumidores de energía, que prácticamente la consumen para iluminar y ventilar. Estos edificios concentran grandes cantidades de personas, las cuales requieren de confort térmico y lumínico para llevar a cabo con eficiencia sus diversas actividades laborales durante todas las épocas y condiciones climáticas y ambientales a lo largo del año.

Las grandes superficies acristaladas que tienen los edificios de oficinas convencionales modernos, provocan múltiples problemas de control térmico y lumínico, esta situación se complica al tratar de homogeneizar el microclima interior de un edificio, es decir, mantener estable la temperatura, humedad e iluminación, entre otros factores ambientales intramuros.

En el caso de la iluminación general, el problema es originado, por una parte, por la deficiencia en la iluminación natural, que en este caso es escasa y obliga a la utilización de la iluminación artificial, provocando un aumento en el consumo energético; y por la otra, en cuanto al diseño mismo de las instalaciones de iluminación artificial; ya que la ubicación y control de las lámparas, no corresponde a cada espacio específico de trabajo, es decir, en espacios donde existe mayor cantidad de iluminación natural que otros, se cuenta con el mismo equipo de iluminación artificial (lámparas) y además el control de estas lámparas, se hace por grandes zonas, impidiendo tener funcionando solo aquellas donde se requiere. Los circuitos eléctricos de iluminación deben tener un interruptor por cada 50 m² o fracción de superficie iluminada⁴.

Si se utilizan los recursos naturales suministrados por la luz del sol a través de un uso más amplio de la luz natural en los diseños arquitectónicos, y un mejor control de esta iluminación, se logrará un ahorro en el consumo eléctrico⁵.

⁴ Leyes y Códigos de México. Reglamento de Construcciones para el D.F. Cap. VI. Art. 168.

⁵ Pilatowsky Figueroa, Isaac. Hacia una Arquitectura Ecológica y Sustentable. p78.

Estos son solo algunos ejemplos de las condiciones inadecuadas a los que los ocupantes de edificios comerciales se enfrentan de manera cotidiana en construcciones típicas convencionales en la zona metropolitana de la ciudad de México, que presenta condiciones climáticas relativamente favorables.

Si esta situación se ubica en otras ciudades del país con climas predominantemente cálidos los resultados son aún más desfavorables, en detrimento del confort termolumínico de los ocupantes, por los altos consumos de combustibles fósiles y por el daño en el medio ambiente natural.

3.2 Situación actual del edificio en relación al confort termolumínico.

La mayoría de los edificios públicos de oficinas en la ciudad de México, presentan características similares en cuanto a presencia exagerada de ventiladores y la necesidad de mantener encendidas las lámparas de iluminación durante casi todo el día. Todo esto se debe a la deficiencia de iluminación y ventilación natural.

En lo que respecta al edificio caso de estudio, no se puede afirmar que es el más representativo en relación a problemas de confort termolumínico, pero si mantiene una gran similitud en cuanto a esta problemática.

Se eligió el edificio que sirvió como caso de estudio (Rectoría General U.A.M.), el cual se considera que tiene problemas térmicos y lumínicos, en visitas anteriormente realizadas se observó que, los usuarios no cuentan con las condiciones de confort termolumínico, para llevar a cabo sus actividades con eficiencia.

Se hicieron, las revisiones de las zonas de estudio, se hizo la visita al edificio para seleccionar los espacios de trabajo y se visualizaron los puntos posibles para tomar lecturas de temperatura e iluminación posteriormente.

Edificio de rectoría general de la Universidad Autónoma Metropolitana.

La idea de la construcción de este edificio inicia en el año 1989 cuando se realiza el concurso. En 1990 se da la adjudicación del proyecto a los arquitectos Enrique Yáñez de la Fuente y Alvaro Yáñez Velez.

En 1991 se realiza el proyecto final y en 1992 se coloca la primera piedra. En los años posteriores hasta 1997 se termina la obra.

El edificio esta construido a un terreno de 26,010 m², dividido en dos alas o edificios. En su totalidad este edificio tiene una superficie construida de 7,466 m², contando con servicios de comedor, área de mantenimiento y cocina. También tiene red de cómputo, red contra incendios y detectores de humo.

Al norte cuenta con un estacionamiento para 400 automóviles y al sur-oriente la plaza principal de acceso.

Hasta la fecha no cuenta con ninguna remodelación importante y sigue manteniendo su forma original.

RECTORÍA GENERAL

Ubicación:

AMPLIACIÓN CANAL DE
MIRAMONTES NO.3855.

Superficie:

26,010 m².

Proyecto Arquitectónico:

Enrique Yáñez de la Fuente
Alvaro Yáñez Velez

Proyecto Estructural:

Procesamiento de Ingeniería
Estructural, S.C.

Ing. Consultor:

José Luis Trigos Suárez

Proyecto de Interiores:

Giovanini Arquitectos S.A. de C.V.

Proyecto de Instalaciones:

Eléctrica: IPESA, S.A. de C.V.

Hidrosanitarias: Garza Maldonado
y Asociados, S.C.

Telefonía de y Cómputo:

DICOM, S.A. DE C.V.

Supervisor de Obra:

Gulias y Penela Arquitectos, S.A.
de C.V.



Fig. 3.1 Vista frontal del edificio caso de estudio.

Se hizo un levantamiento de la zona de estudio que incluye mobiliario general y localización de lámparas, este levantamiento no es de precisión, ya que se realizó únicamente con un flexómetro y una cinta métrica metálica de marca lufkin de 50 metros.

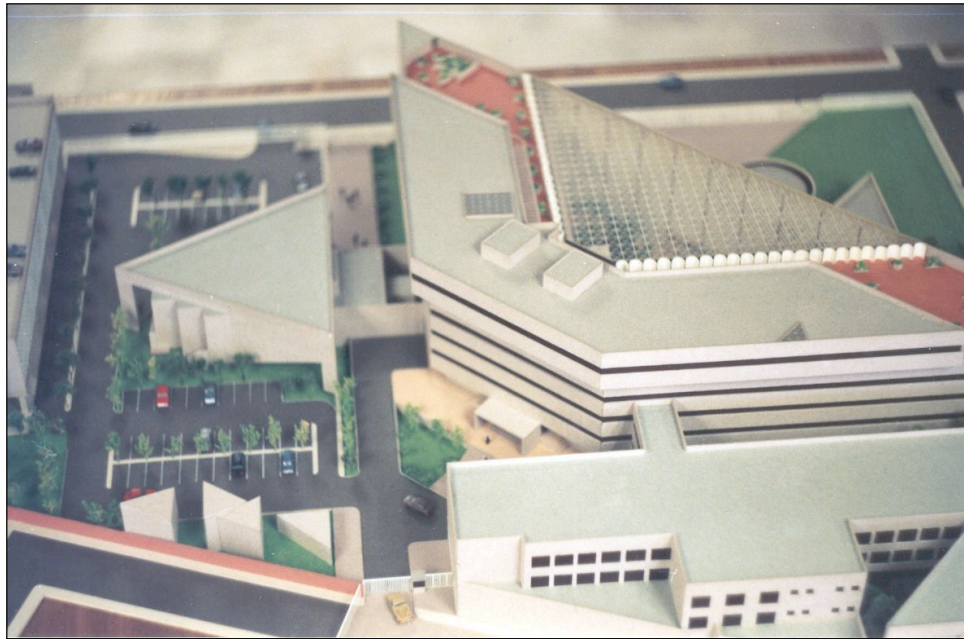


Fig. 3.2 Vista de la maqueta del proyecto original del edificio caso de estudio.

Se inician las mediciones de iluminación en los 45 puntos ya seleccionados; estas mediciones se hacen simultáneamente en el interior con el exterior en días seminublados y se recogen los sensores de temperatura.

Se aplicó cuestionario a los usuarios de la zona de estudio el cual consta de 10 preguntas de iluminación y 5 preguntas relacionadas a la parte térmica.

Se capturaron los datos de temperatura de cada sensor, pasando la información a gráficas y a hojas de Excel, para posteriormente borrar dicha información de cada uno de estos sensores.

Los datos obtenidos de iluminación se pasaron a tablas y a planos para definir las curvas de iluminación (isolux) en planta y en isométrico.

También se tomaron datos de radiación solar y humedad en el exterior del edificio, para determinar la relación de la situación interna con la externa. En este caso se observó que en ocasiones la temperatura interior fue mayor que la exterior.



Fig. 3.3 Vista interior del edificio caso de estudio (plaza de acceso).

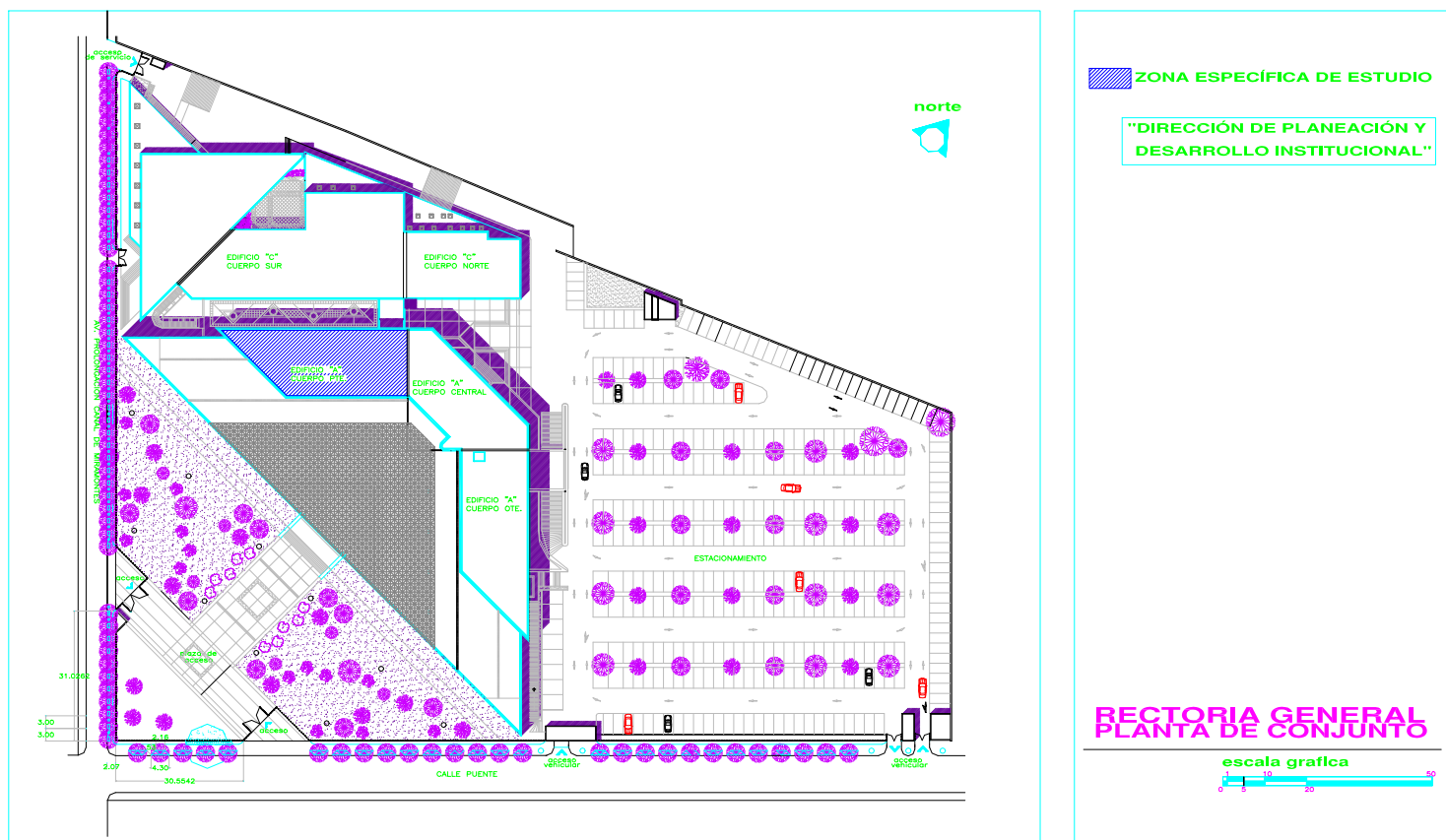


Fig. 3.4 Planta de conjunto del edificio de rectoría general de la Universidad Autónoma Metropolitana.

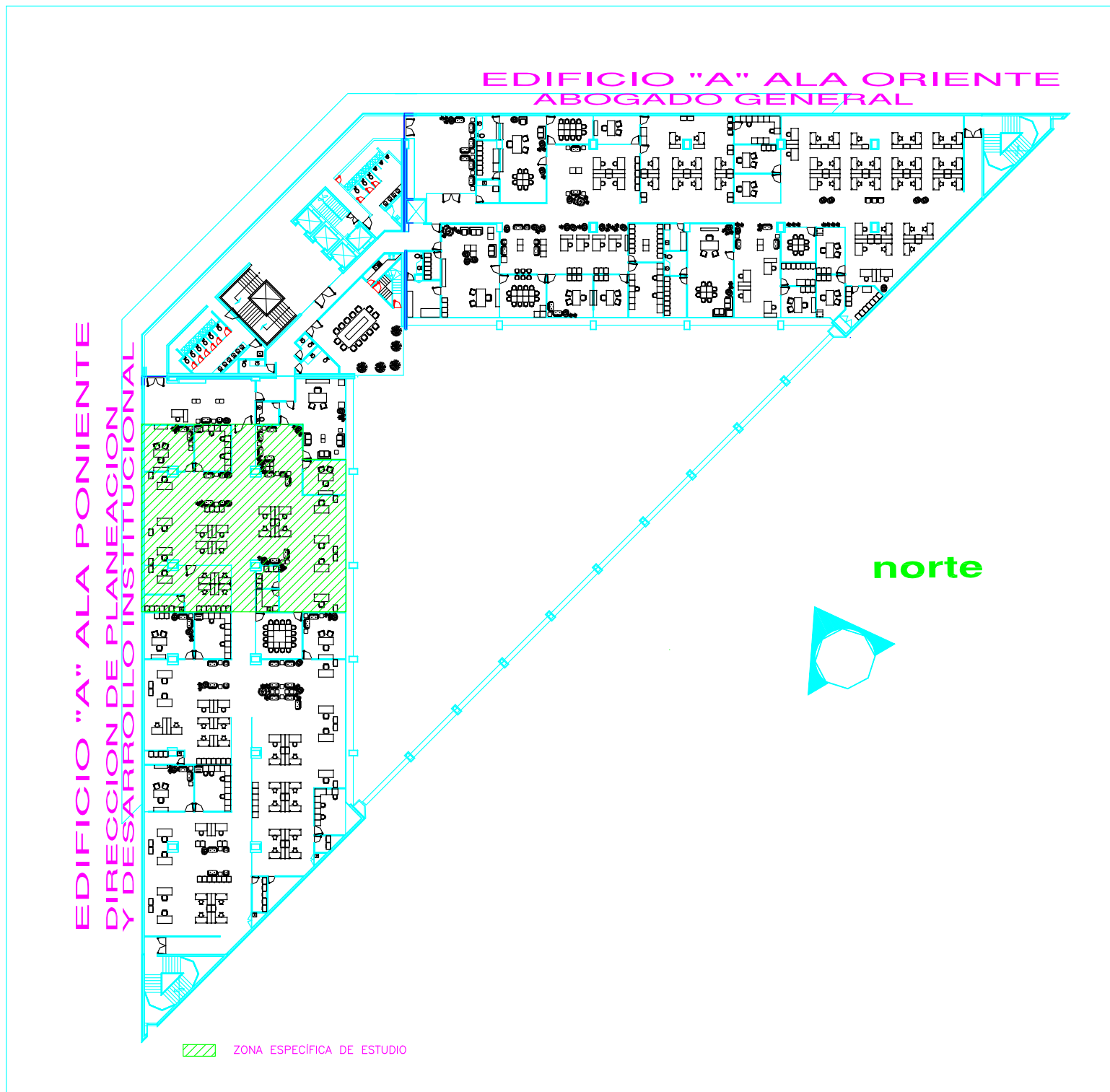


Fig. 3.5 Localización de la zona específica de estudio.

ΛΕΞΑΝΤΑΜΙΕΝΤΟ ΔΕ ΜΟΒΙΛΙΑΡΙΟ ΕΝ ΓΕΝΕΡΑΛ ΕΝ ΛΑ ΖΟΝΑ ΕΣΠΕΧΓΦΙΧΑ ΔΕ ΕΣΤΥΔΙΟ
ΥΔΙΡΕΧΧΙΘΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΘΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ. ΦΕΧΗΑ ΔΕ ΛΕΞΑΝΤΑΜΙΕΝΤΟ: 25 ΔΕ ΜΑΨΟ 2001

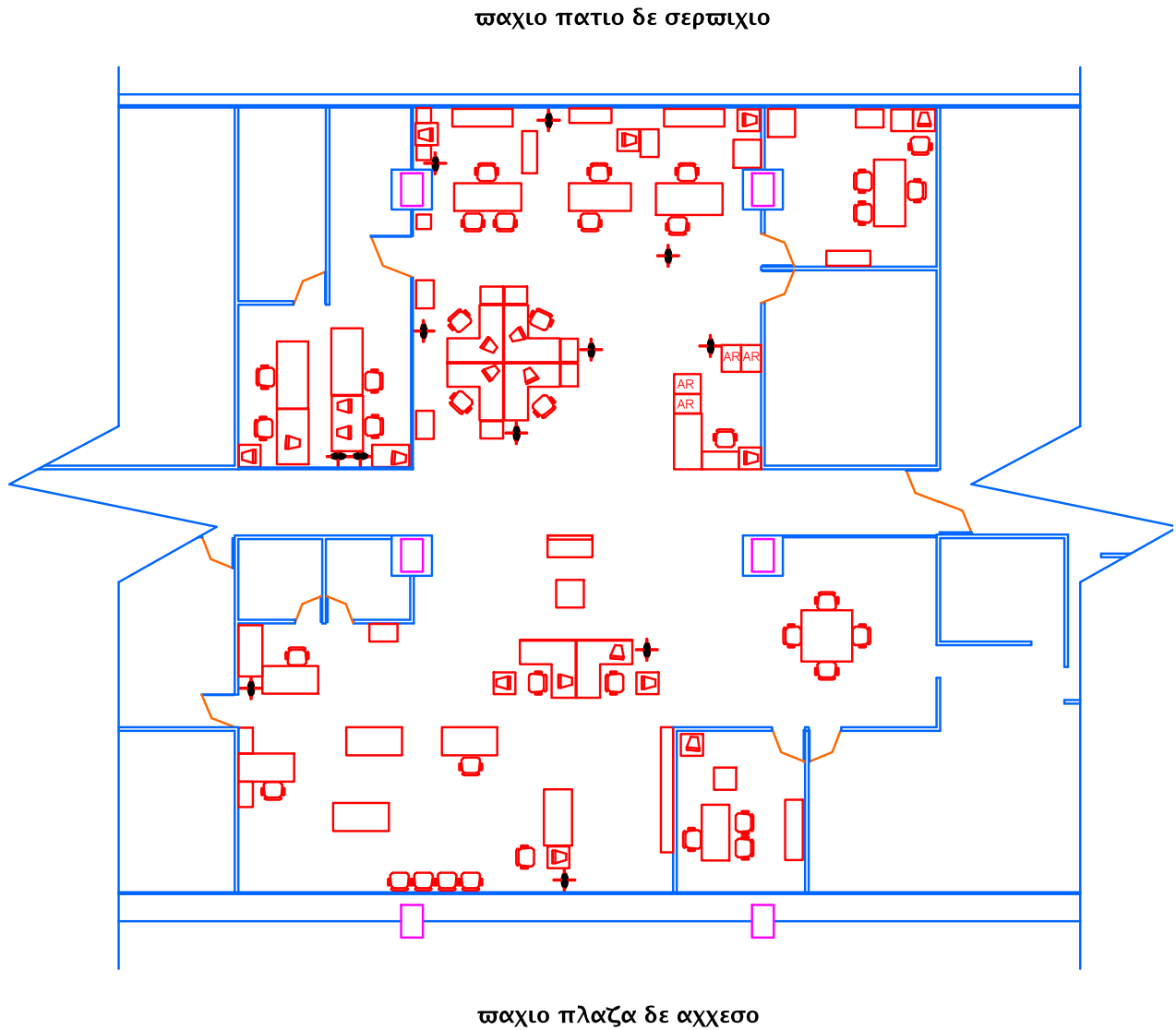


Fig. 3.6 Estado actual del mobiliario en la zona específica de estudio.

3.3 Selección de espacios representativos del caso de estudio para monitoreo de condiciones térmicas y lumínicas.

Se seleccionaron puntos específicos para medición de temperatura interior y un punto exterior que fue la azotea del edificio (Fig. 3.7).

Las primeras mediciones de temperatura se inician el 25 de mayo del 2001 y se terminan prácticamente el 18 de enero del 2002; durante este tiempo se observó el comportamiento de la temperatura en cada uno de los puntos.

Las gráficas muestran el comportamiento térmico en cuanto a temperatura de la zona específica de estudio; en ellas se observa que los espacios tienden a ser más calientes que fríos, principalmente durante el verano la temperatura alcanza niveles muy altos. Durante esta época sino fuera por la enorme cantidad de ventiladores a los que tienen que recurrir los usuarios prácticamente sería imposible trabajar.

ΥΒΙΧΑΧΙΘΝ ΔΕ ΣΕΝΣΟΡΕΣ ΠΑΡΑ ΜΕΔΙΧΙΘΝ ΔΕ ΤΕΜΠΕΡΑΤΥΡΑ (ΛΟΓΓΕΡ)
ΥΔΙΡΕΧΧΙΘΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΘΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ. ΦΕΧΗΑ ΔΕ ΥΒΙΧΑΧΙΘΝ: 25 ΔΕ ΜΑΨΟ 2001

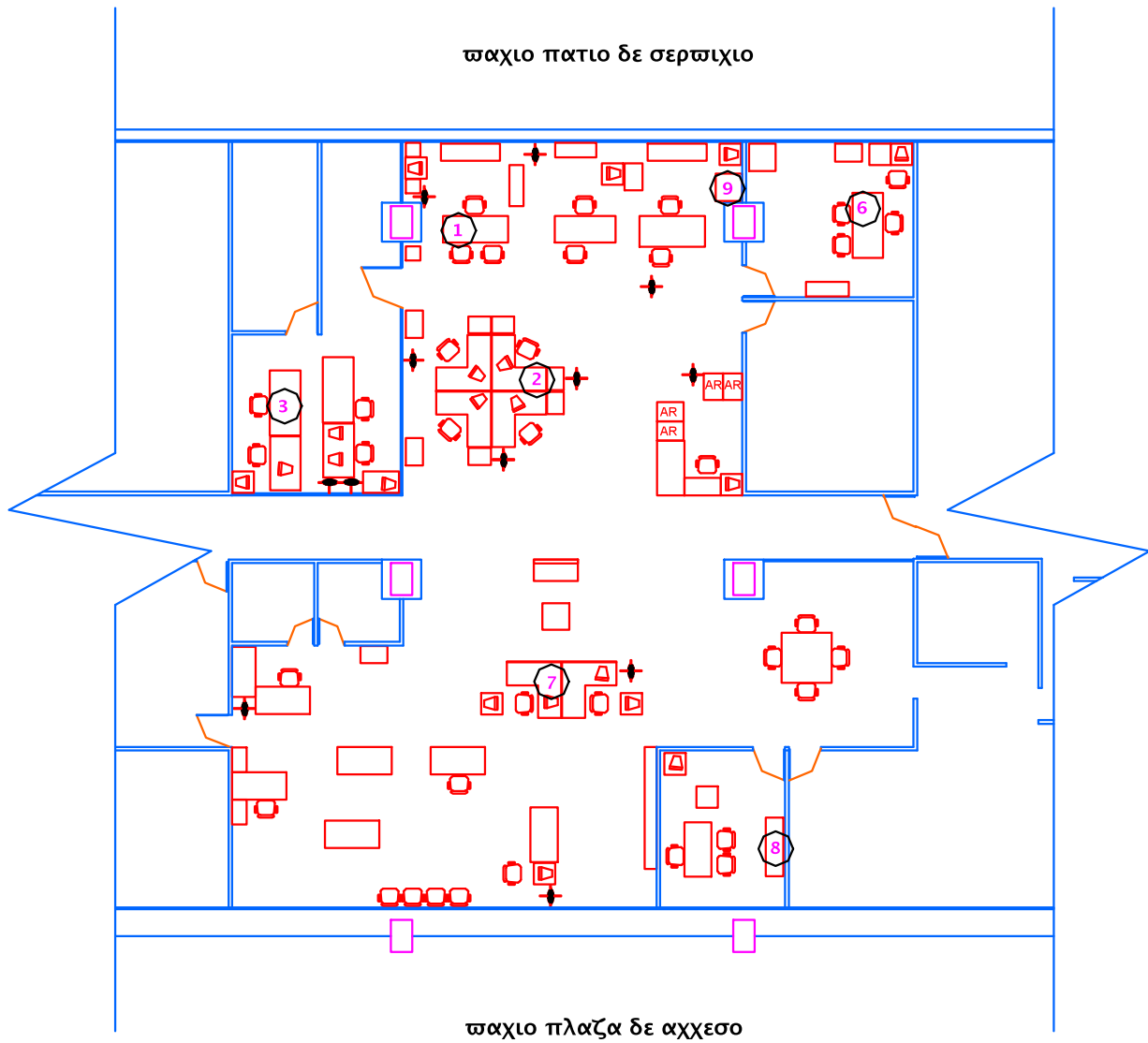


Fig. 3.7 Localización de puntos de medición para temperatura.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 1

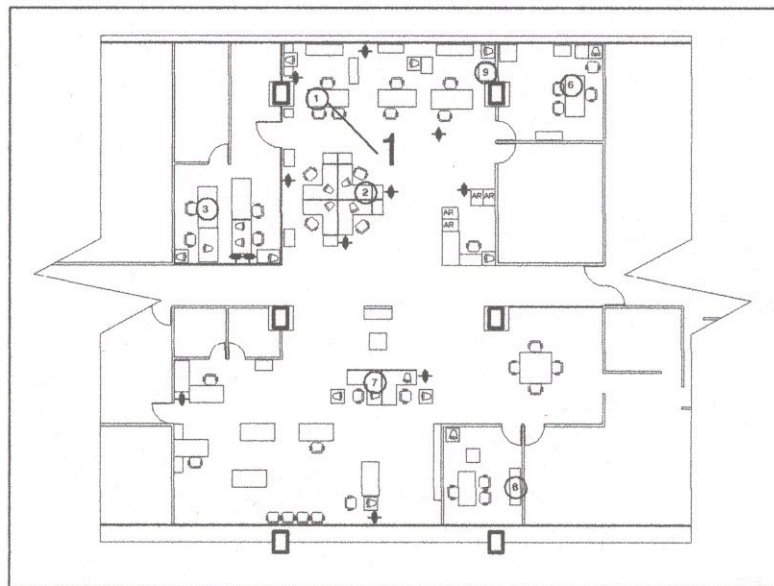
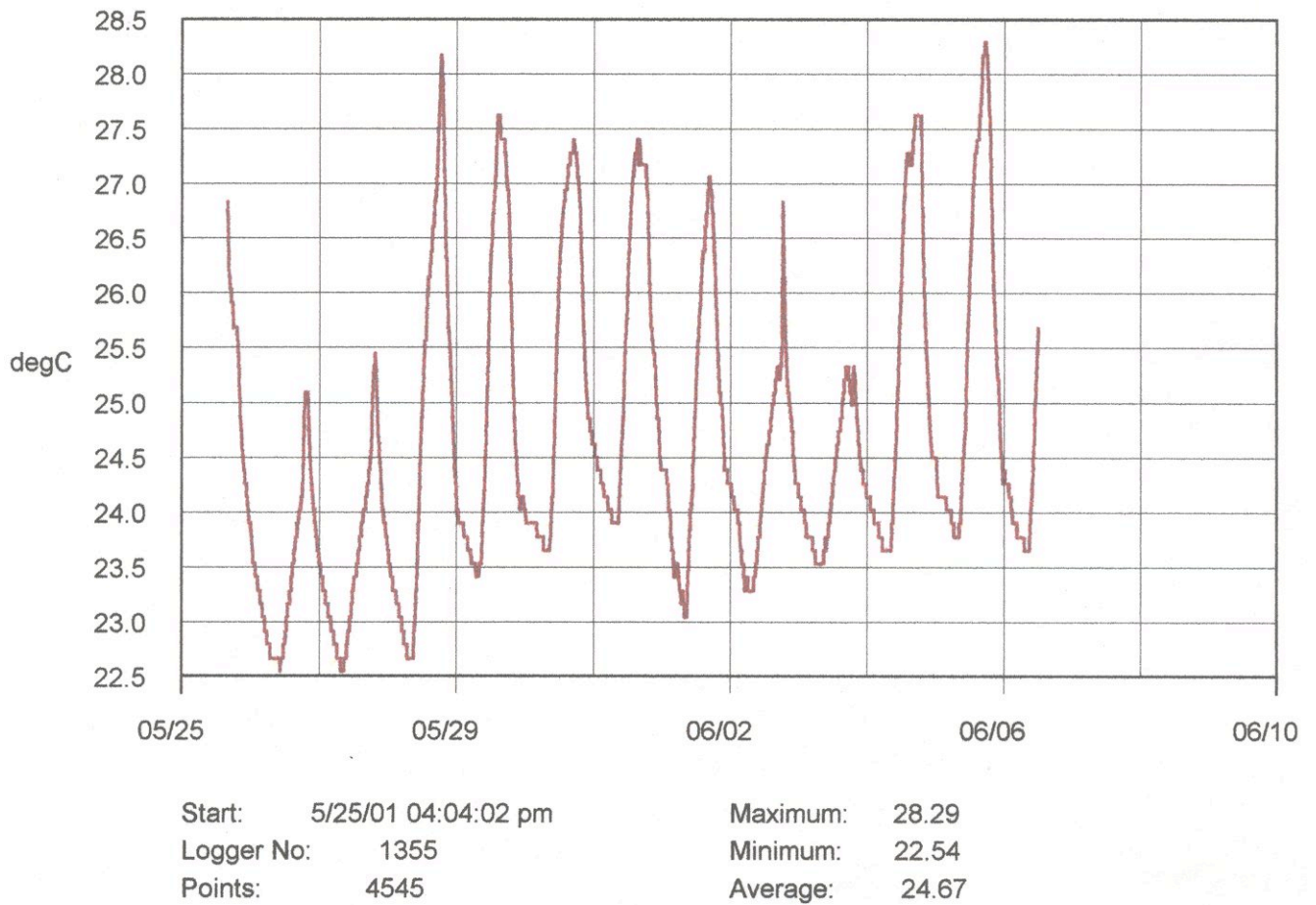
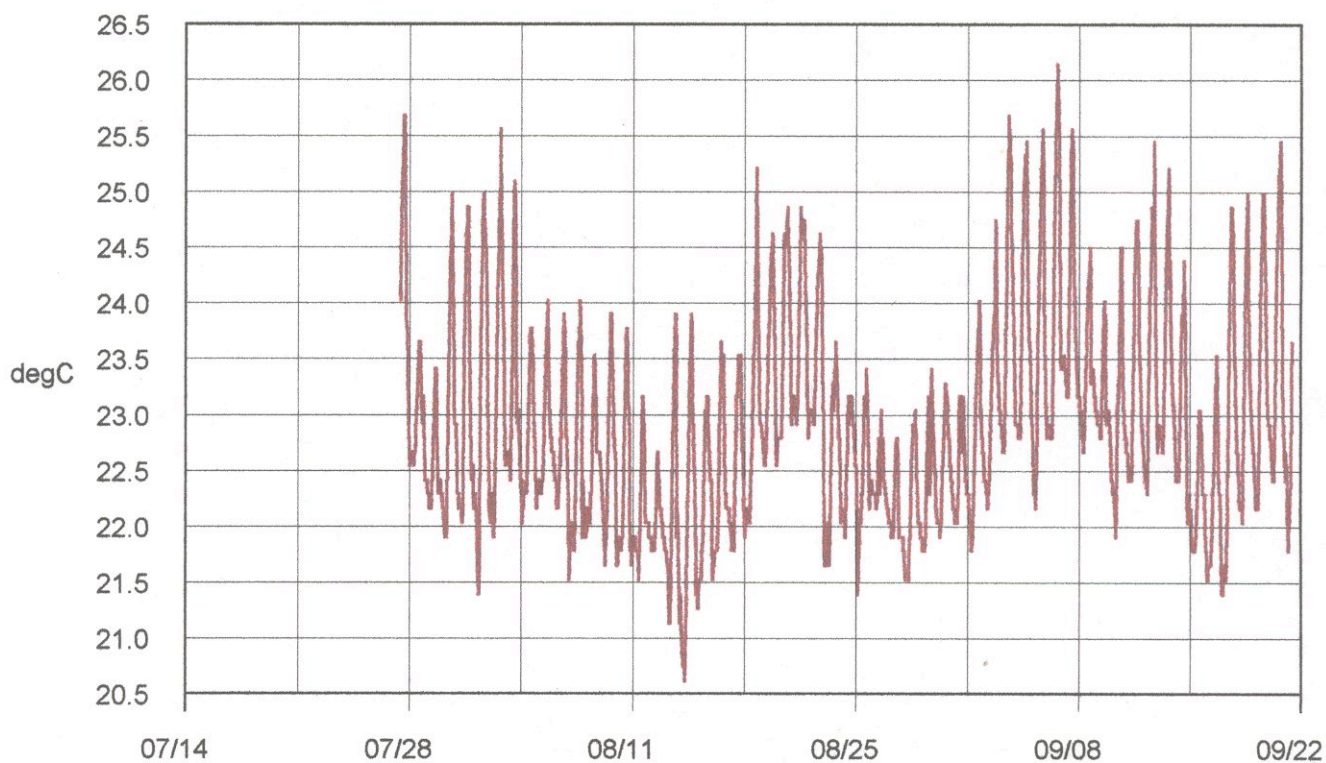


Fig. 3.8 Gráfica de temperatura en el punto 1 de datos tomados del 25 de mayo del 2001 hasta el 7 de junio del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 1



Start: 7/27/01 10:35:08 am

Logger No: 1355

Points: 5380

Maximum: 26.14

Minimum: 20.61

Average: 22.92

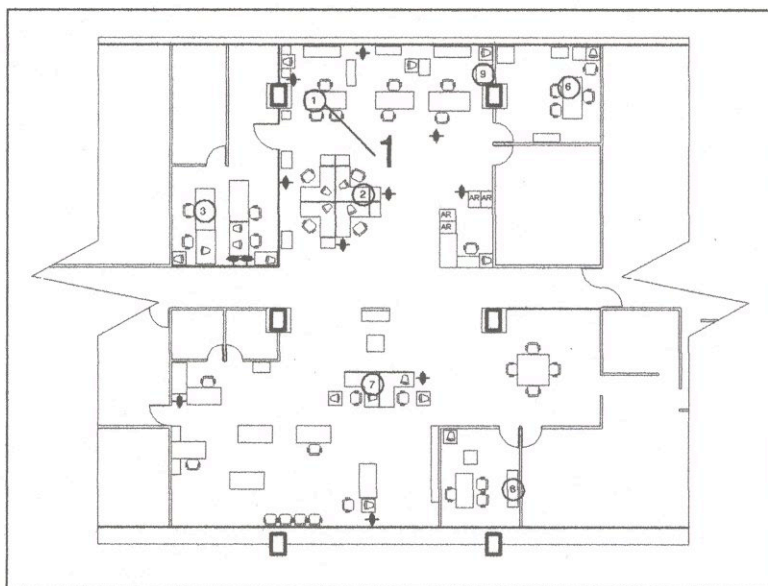
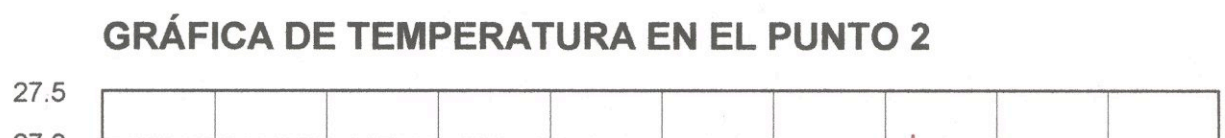
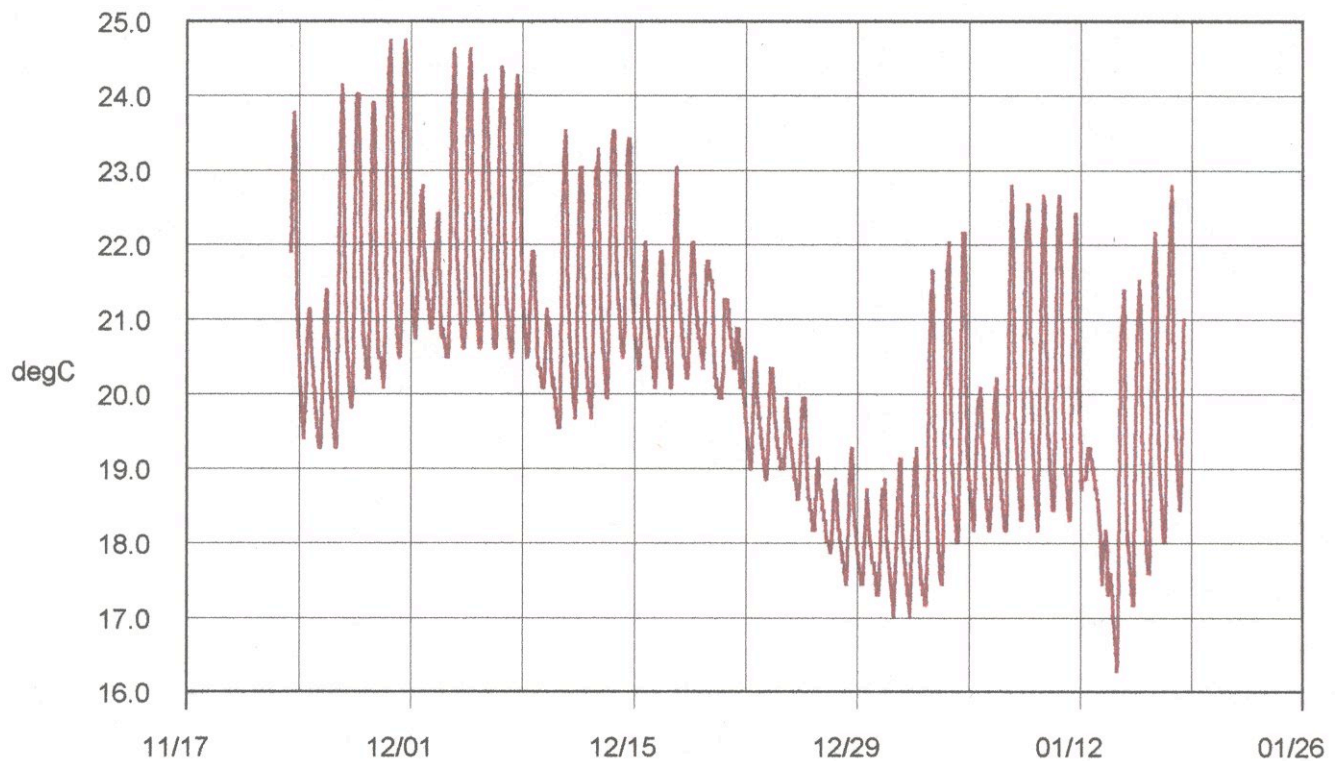


Fig. 3.9 Gráfica de temperatura en el punto 1 de datos tomados del 25 del 28 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

Fig. 3.10 Gráfica de temperatura en el punto 2 de datos tomados del 28 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.



GRAFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 2



Start:	11/23/01 11:54:20 am	Maximum:	24.74
Logger No:	1402	Minimum:	16.28
Points:	5378	Average:	20.25

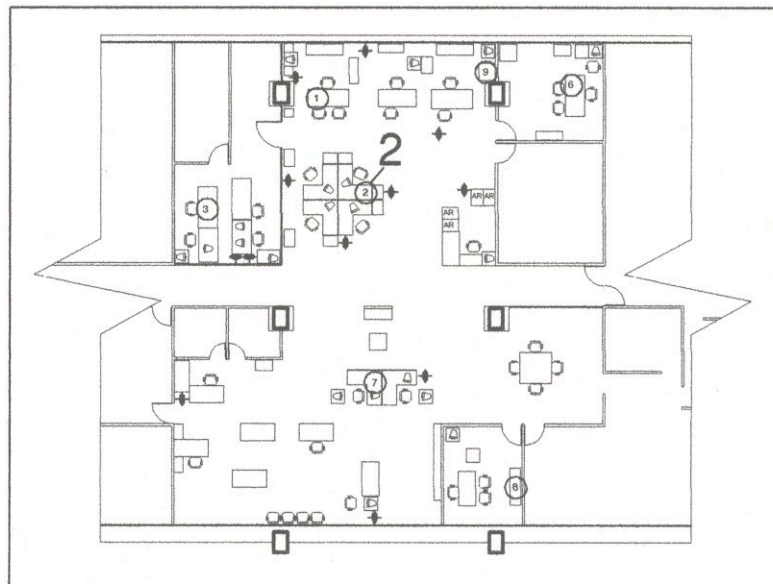


Fig. 3.11 Gráfica de temperatura en el punto 2 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 3

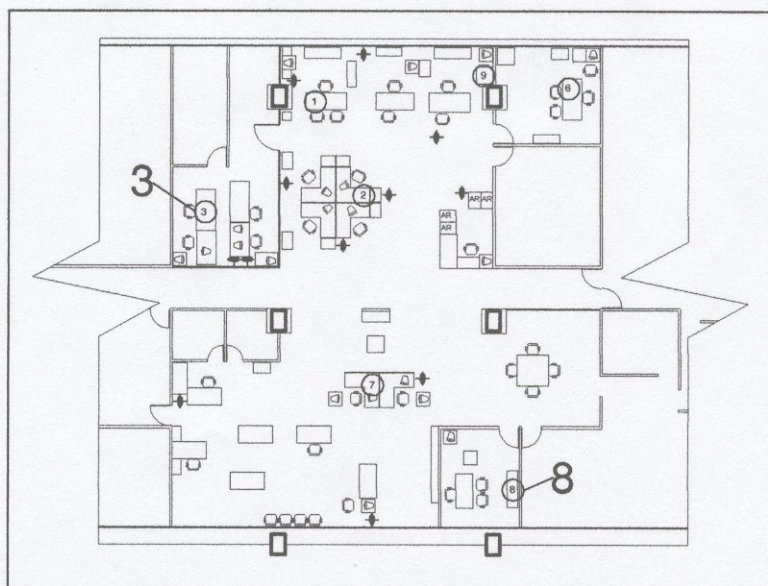
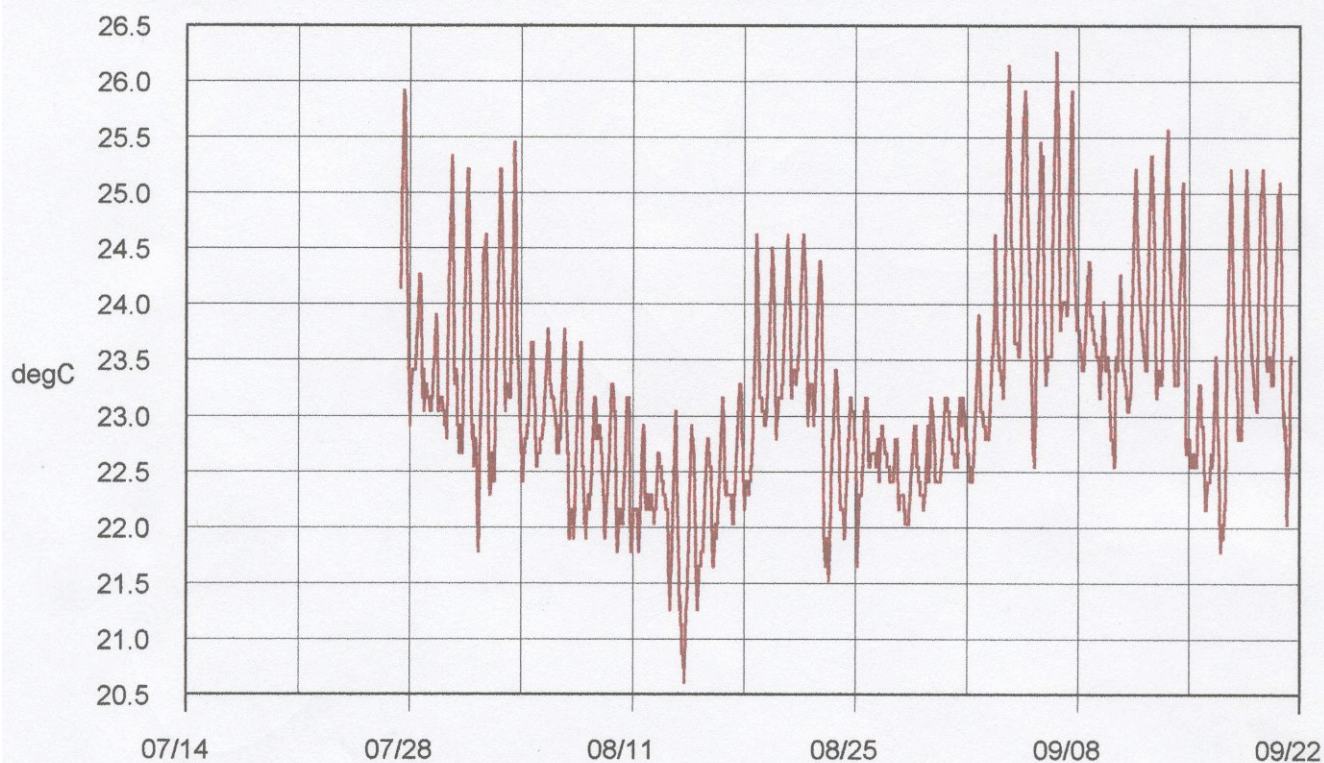
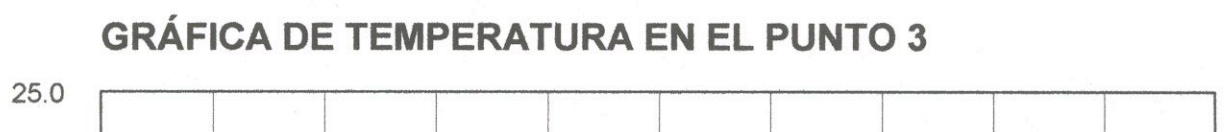
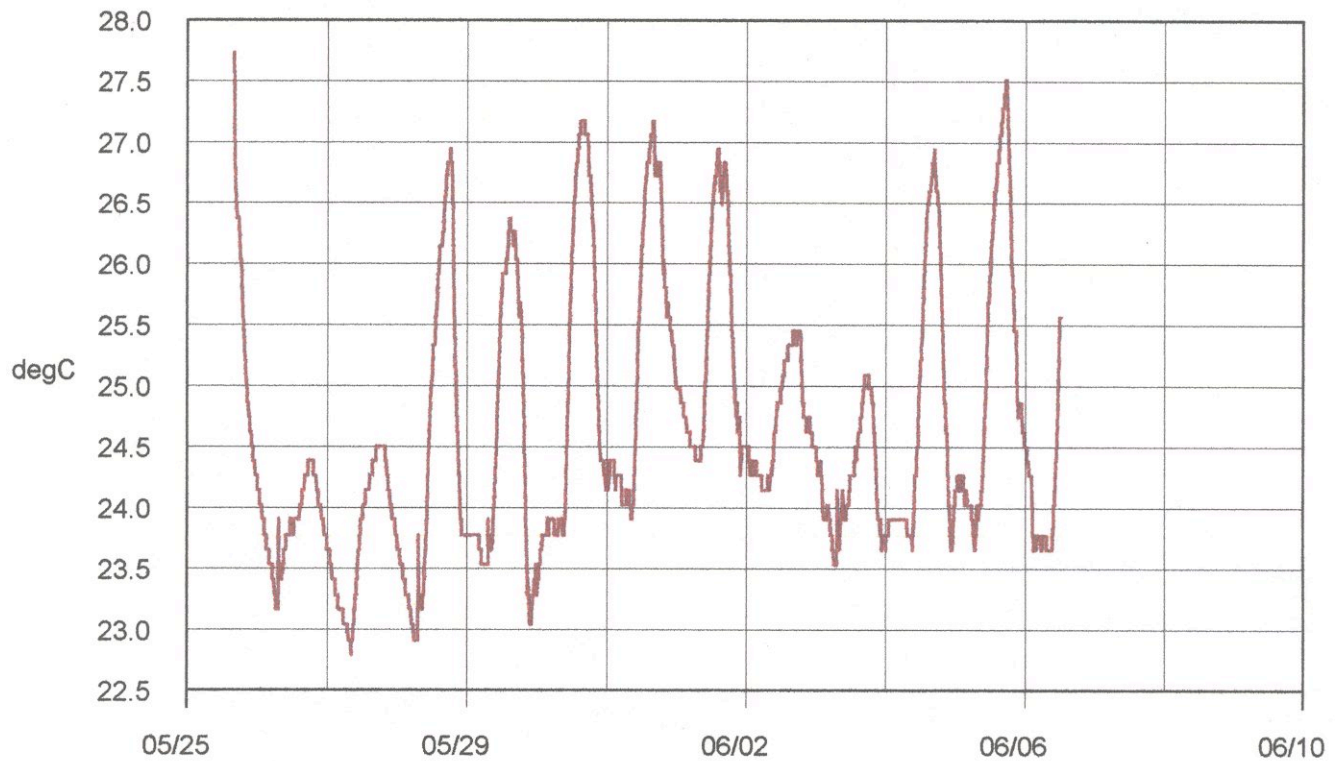


Fig. 3.12 Gráfica de temperatura en el punto 3 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

Fig. 3.13 Gráfica de temperatura en el punto 3 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.



GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 4



Start: 5/25/01 04:01:58 pm
 Logger No: 1354
 Points: 4547

Maximum: 27.73
 Minimum: 22.79
 Average: 24.65

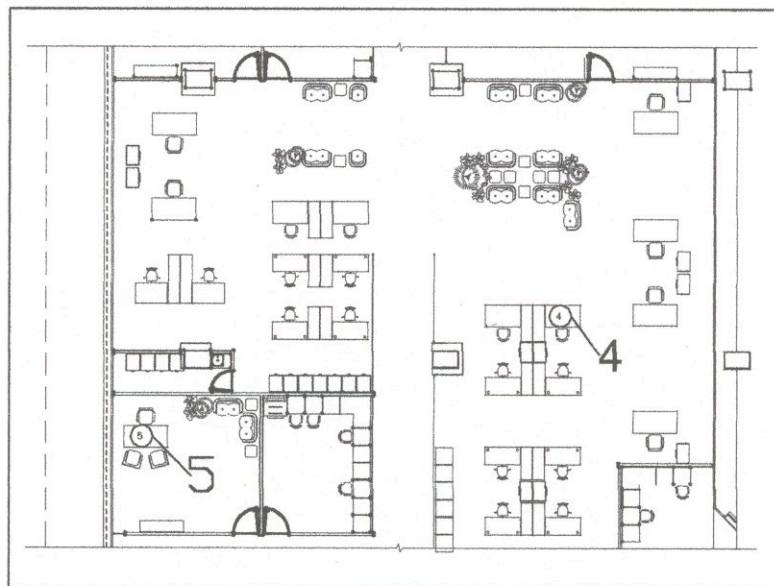


Fig. 3.14 Gráfica de temperatura en el punto 4 de datos tomados del 25 de mayo del 2001 hasta el 7 de junio del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 4

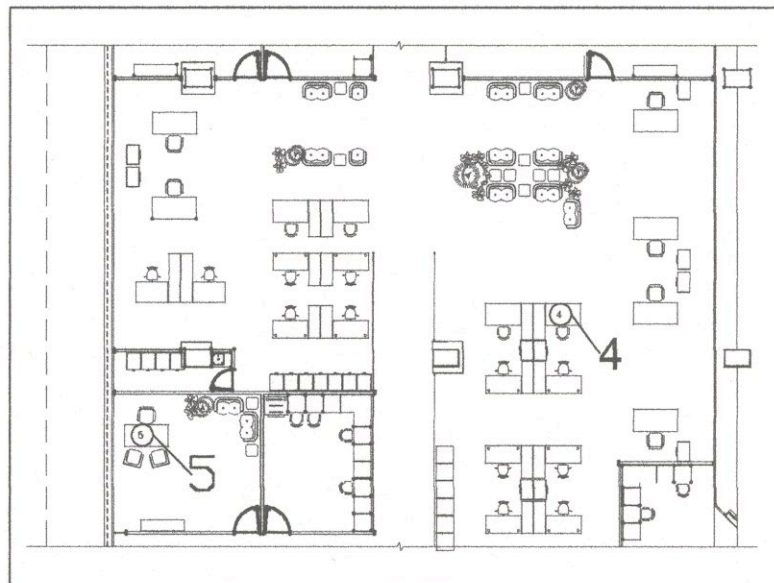
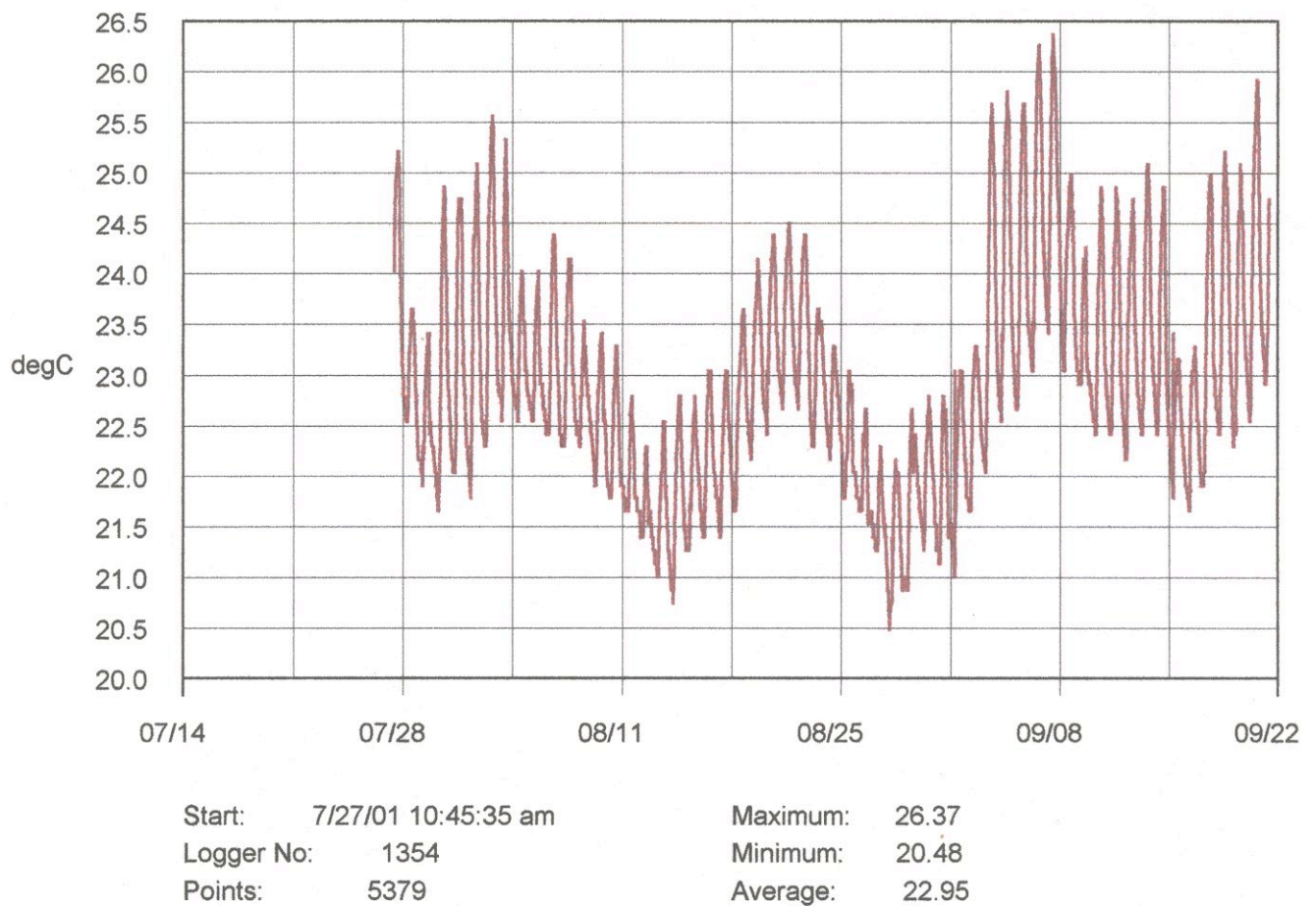
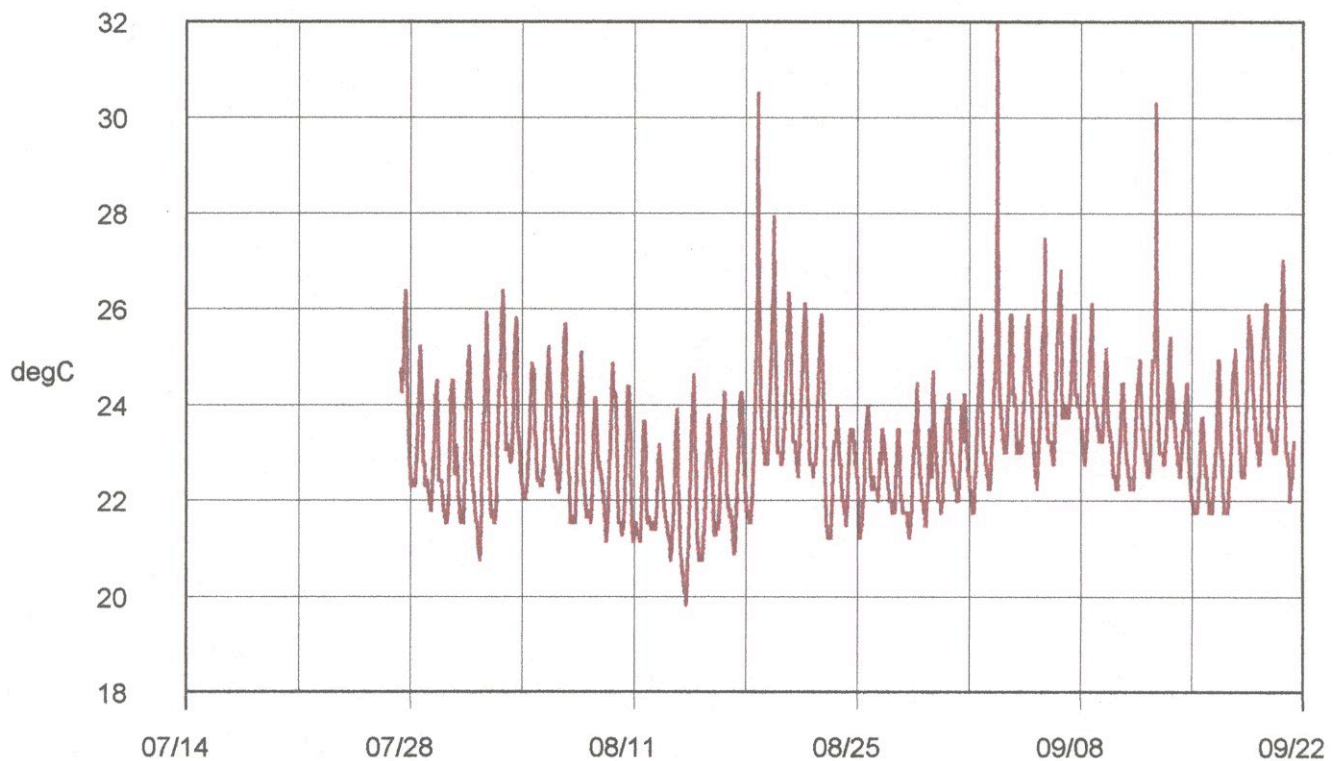


Fig. 3.15 Gráfica de temperatura en el punto 4 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 5



Start: 7/27/01 10:43:01 am
 Logger No: 1341
 Points: 5379

Maximum: 32.0
 Minimum: 19.8
 Average: 23.1

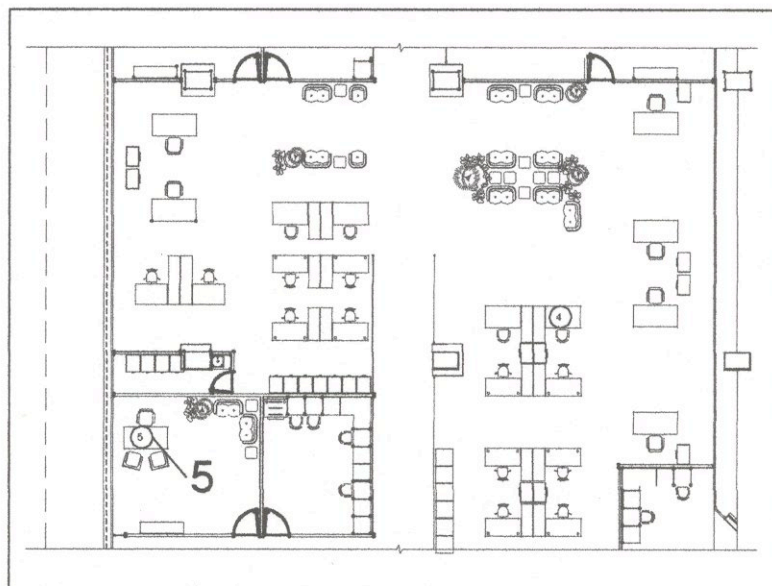


Fig. 3.16 Gráfica de temperatura en el punto 5 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 5

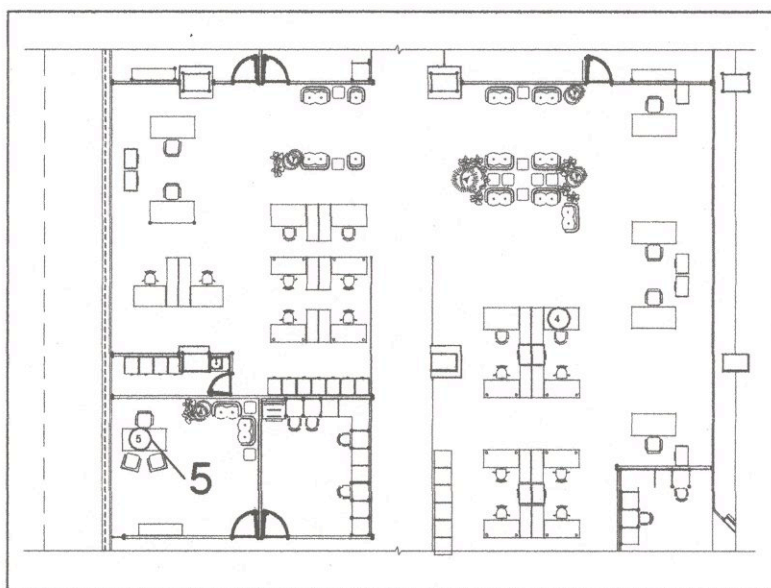
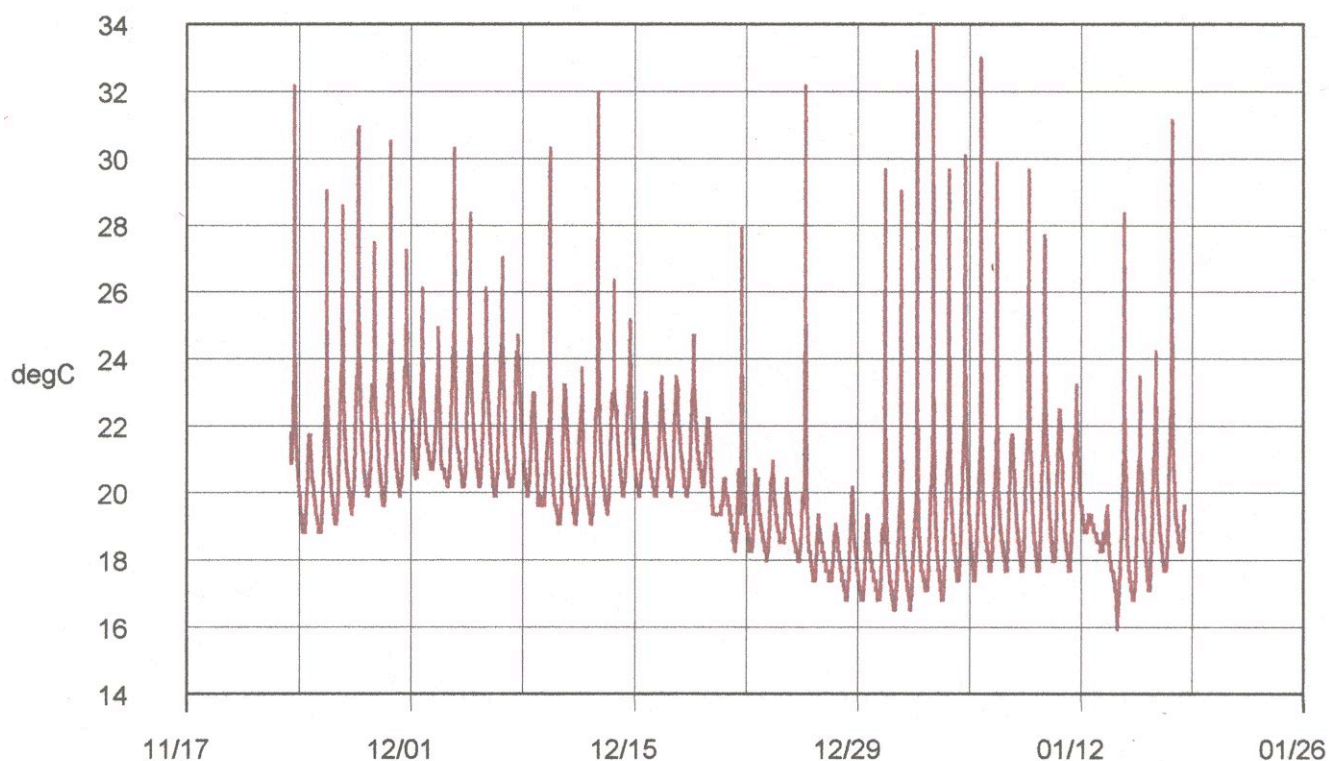


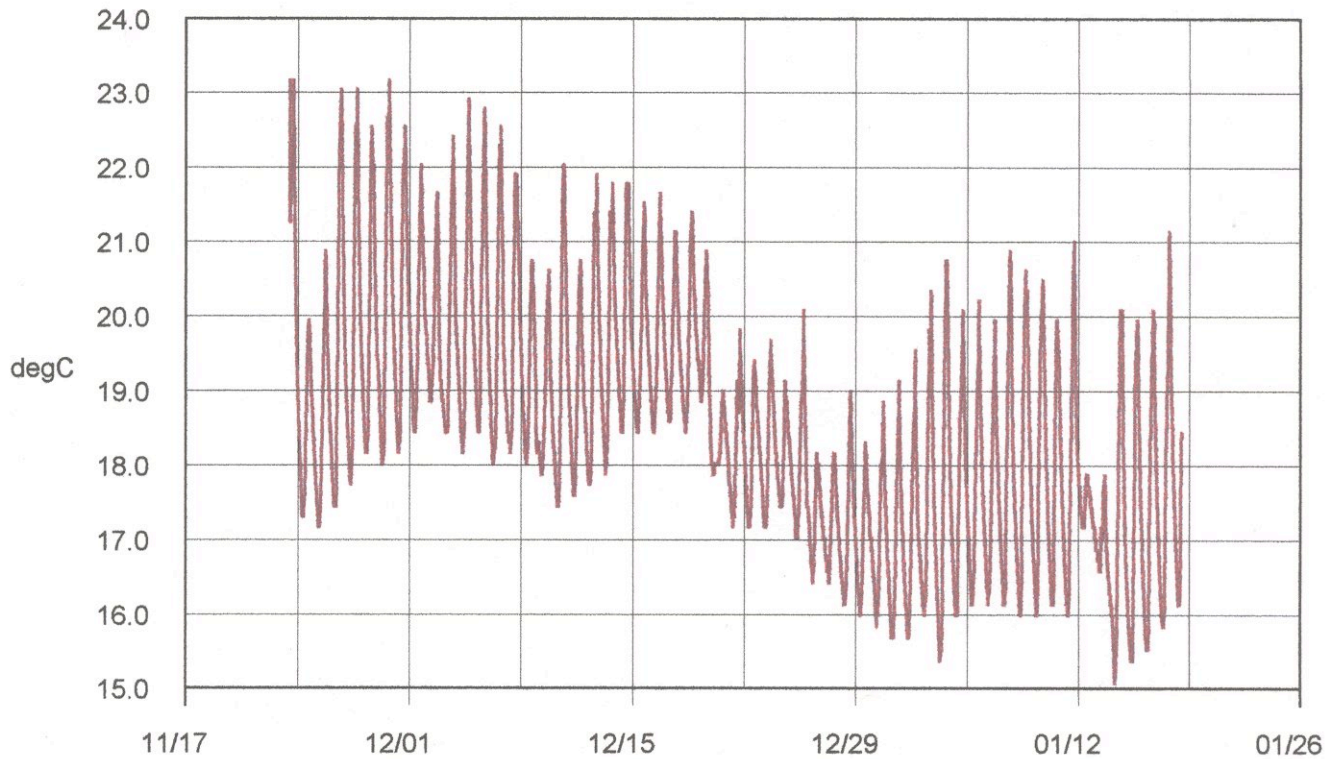
Fig. 3.17 Gráfica de temperatura en el punto 5 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.

Fig. 3.18 Gráfica de temperatura en el punto 6 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 6



GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 6



Start:	11/23/01 11:58:41 am	Maximum:	23.16
Logger No:	1486	Minimum:	15.07
Points:	5378	Average:	18.57

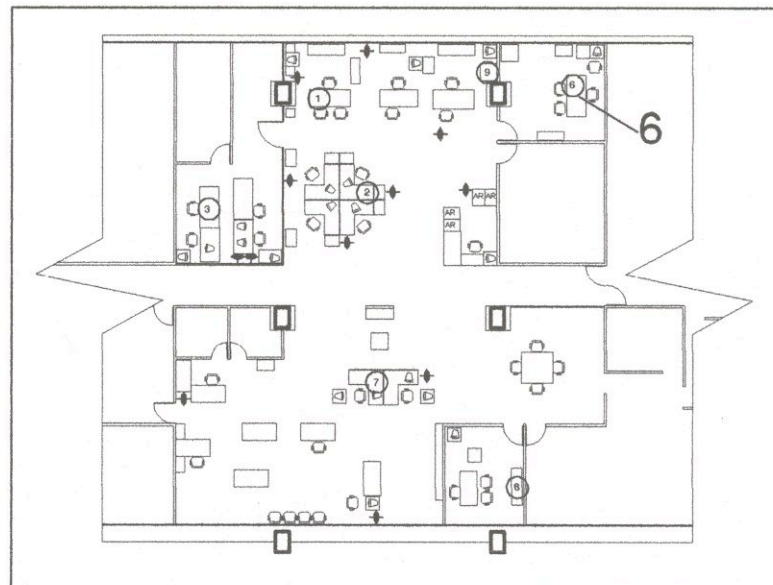
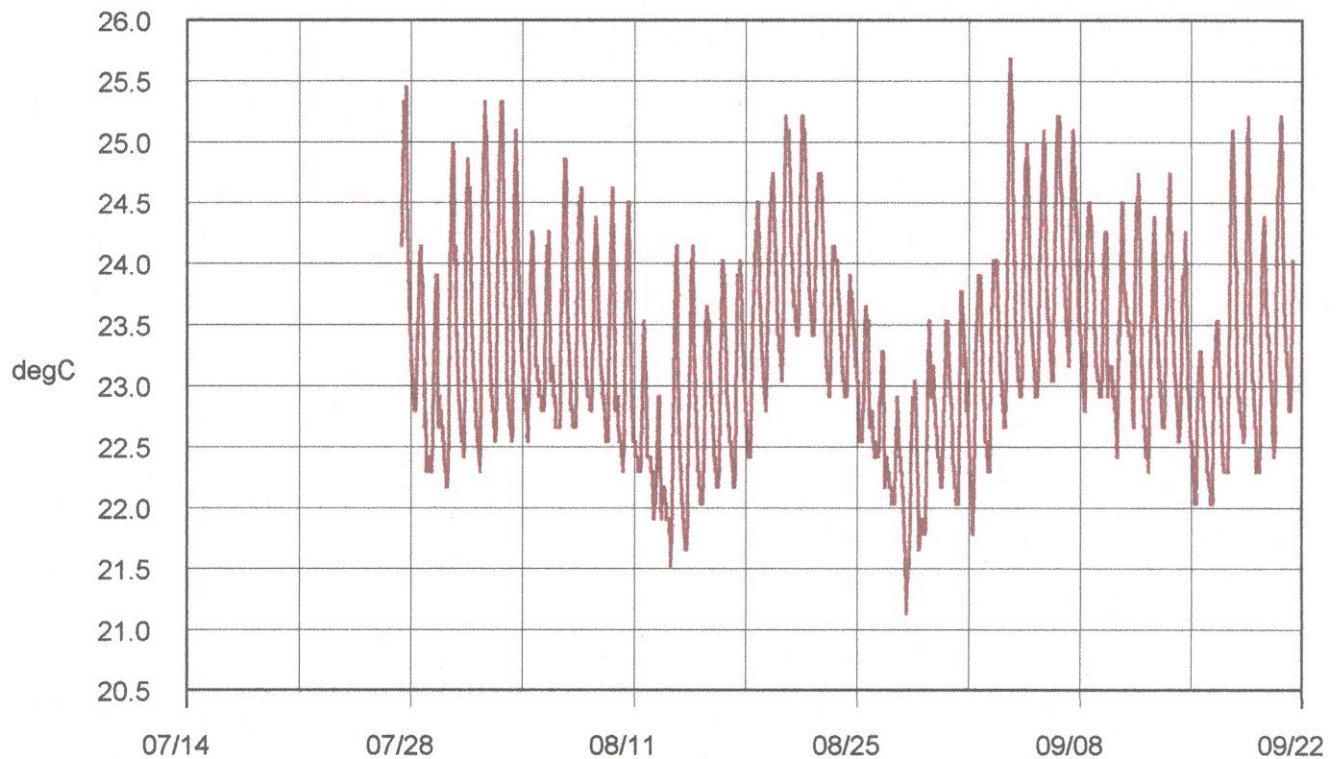


Fig. 3.19 Gráfica de temperatura en el punto 6 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 7



Start: 7/27/01 10:39:59 am
 Logger No: 1359
 Points: 5378

Maximum: 25.68
 Minimum: 21.13
 Average: 23.29

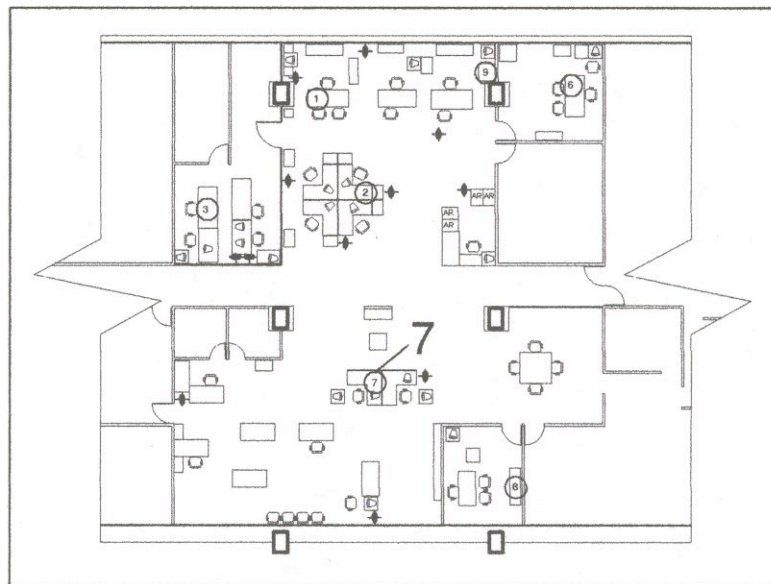
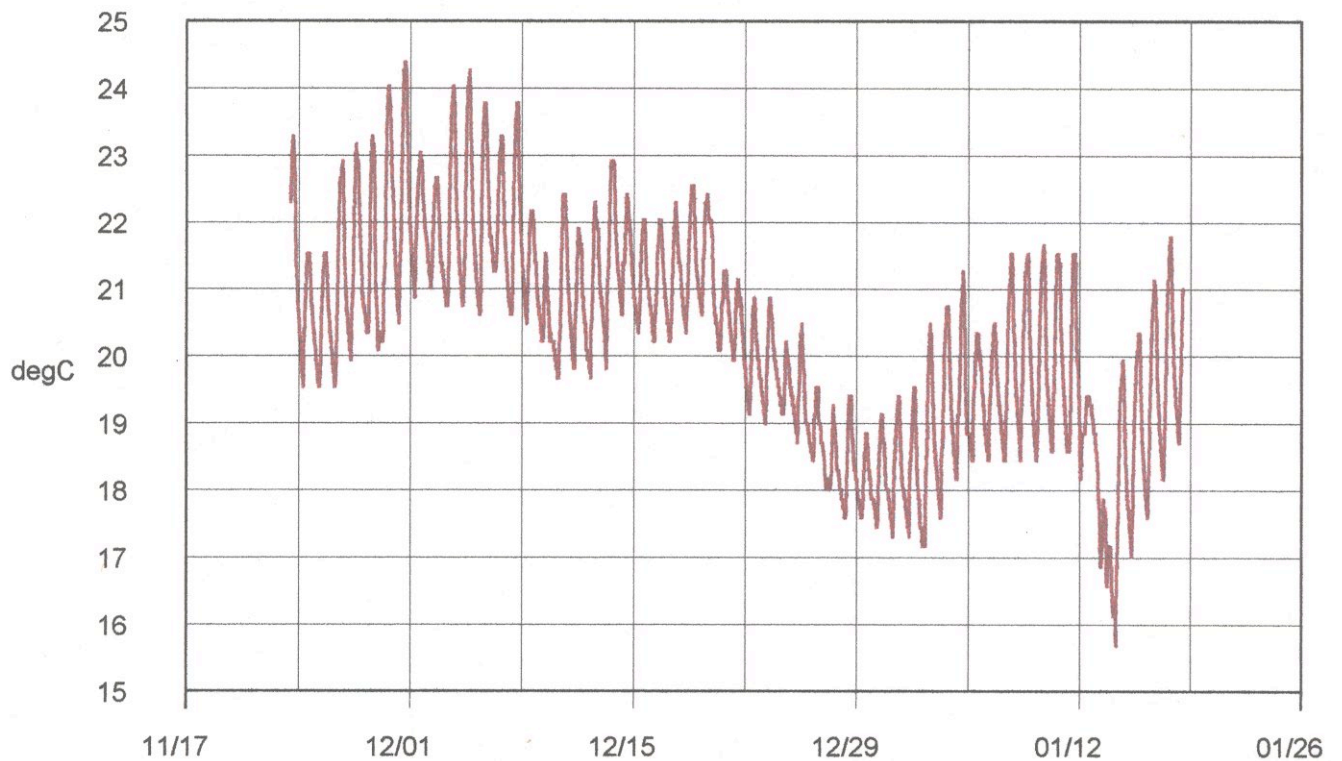


Fig. 3.20 Gráfica de temperatura en el punto 7 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 7



Start:	11/23/01 11:56:48 am	Maximum:	24.4
Logger No:	1359	Minimum:	15.7
Points:	5378	Average:	20.3

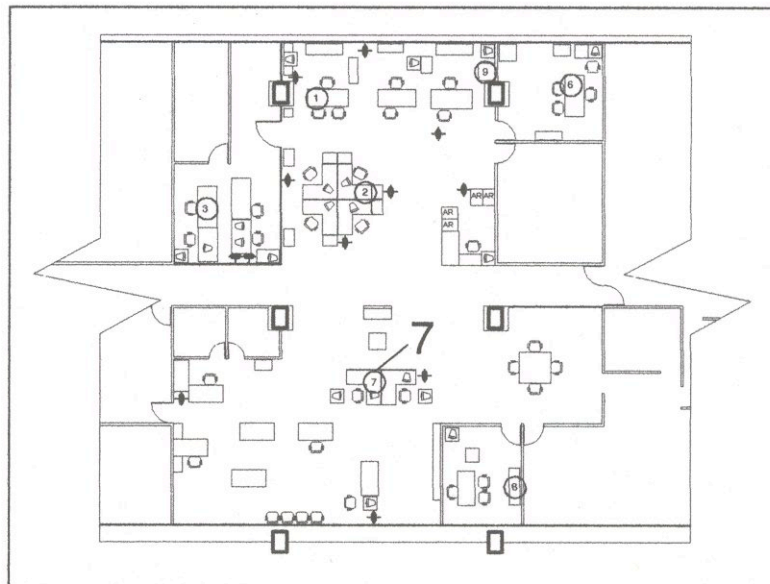
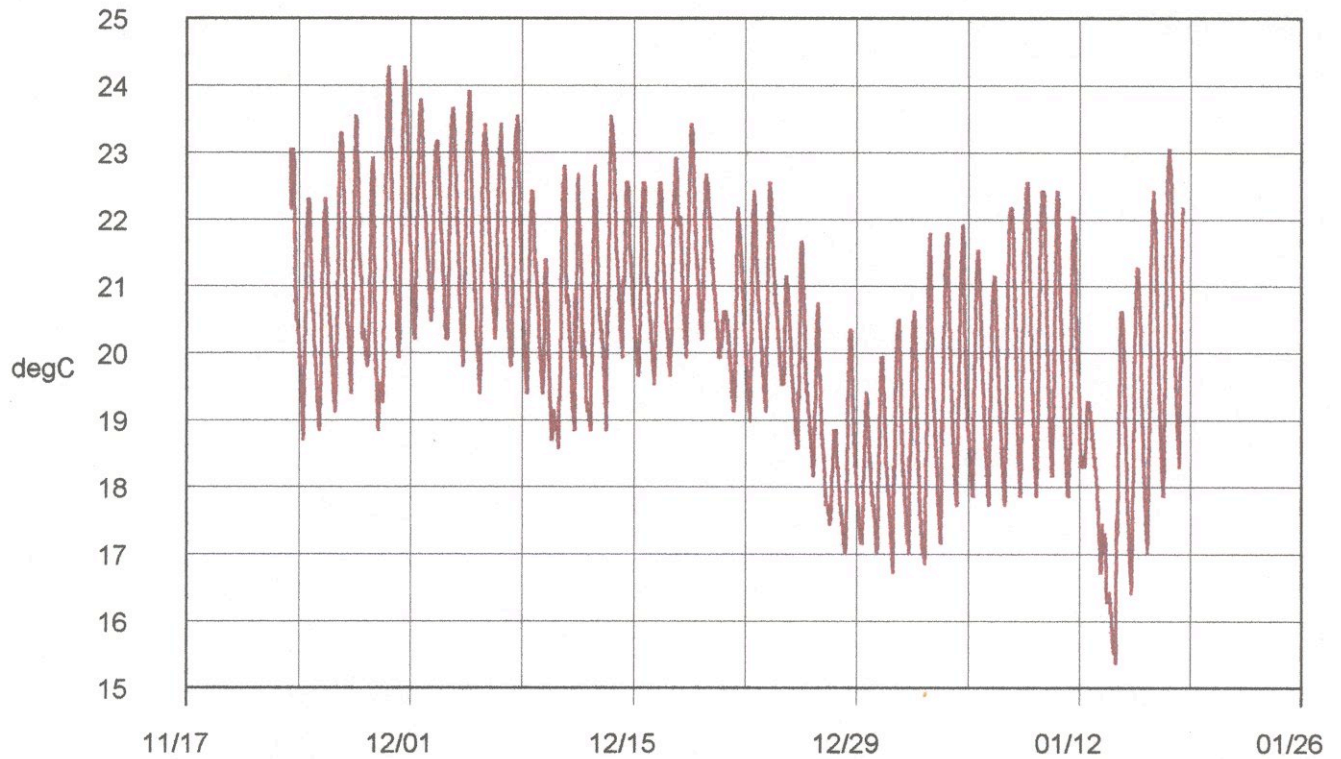


Fig. 3.21 Gráfica de temperatura en el punto 7 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.

Fig. 3.22 Gráfica de temperatura en el punto 8 de datos tomados del 27 de julio del 2002 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.



GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 8



Start:	11/23/01 12:00:44 pm	Maximum:	24.3
Logger No:	1455	Minimum:	15.4
Points:	5378	Average:	20.3

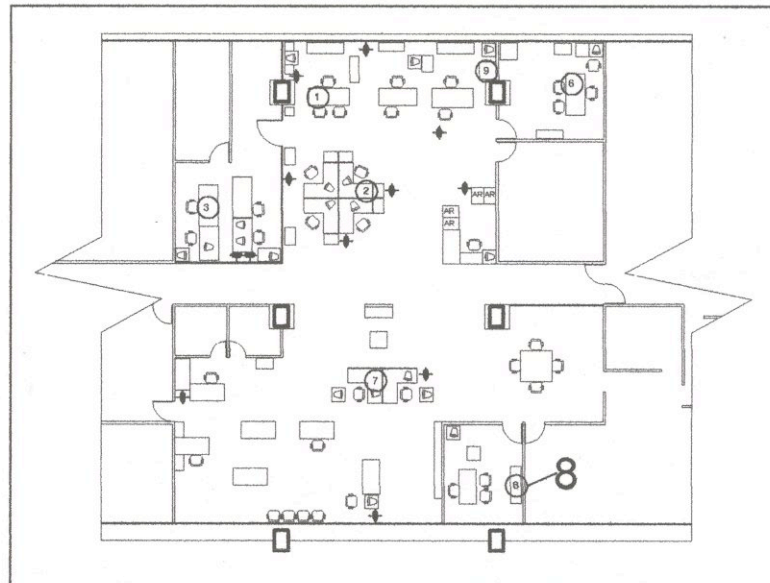


Fig. 3.23 Gráfica de temperatura en el punto 8 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.

Fig. 3.24 Gráfica de temperatura en el punto 9 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EN EL PUNTO 9

32



Fig. 3.25 Gráfica de temperatura en el punto 9 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.

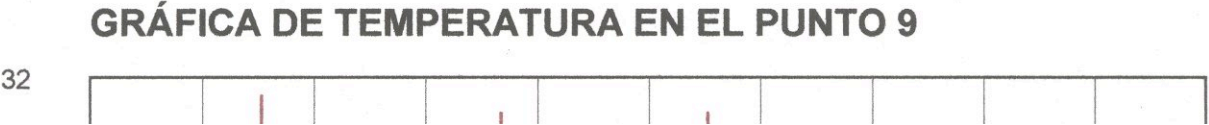


Fig. 3.26 Gráfica de temperatura en el punto 10 (temperatura exterior) de datos tomados del 6 de agosto del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EXTERIOR EDIFICIO



Fig. 3.27 Gráfica de temperatura en el punto 10 (temperatura exterior) de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.

GRÁFICA DE TEMPERATURA EXTERIOR EDIFICIO

40



3.4 Monitoreo de variables termolumínicas en los espacios seleccionados.

Para iniciar las mediciones de iluminación, se consideraron 45 puntos (Fig. 3.28) en forma estratégica en la zona específica de estudio, repartidos de tal manera que coincidieran en los puestos de trabajo y posteriormente poder llevar los datos obtenidos en curvas de isolux.

En las siguientes tablas podemos observar los datos obtenidos de niveles de iluminación, tomadas en dos diferentes tipos de luxómetro para determinar la eficiencia de cada uno.

En la Figura 3.25 podemos observar los datos referidos en la tabla 3.17, la cual nos muestra gráficamente el comportamiento lumínico en curvas isolux.

Se observa claramente que hay espacios que cuentan con niveles muy bajos de iluminación y otros con niveles muy altos, principalmente los que se encuentran cerca de las ventanas.

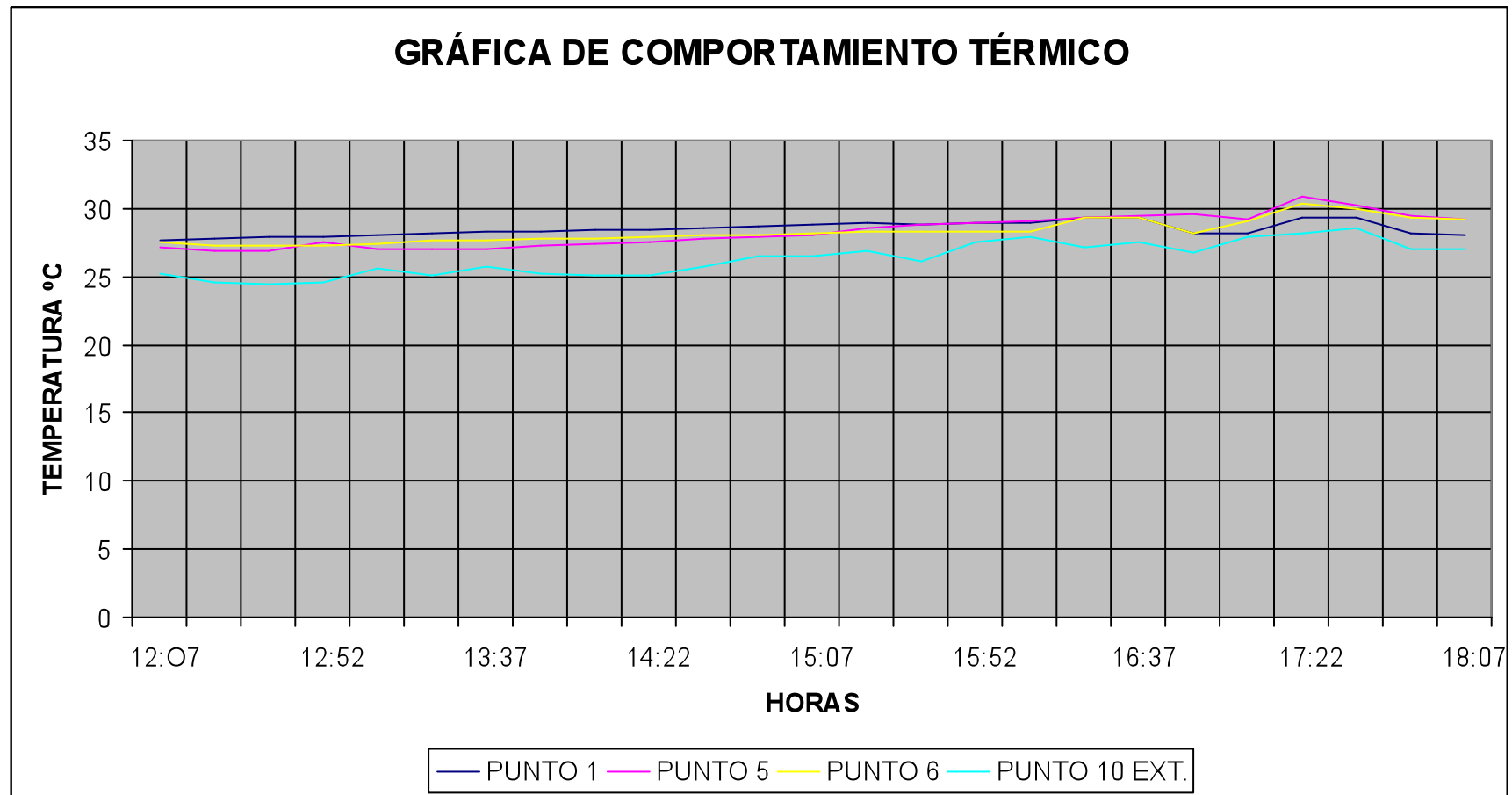


Fig. 3.28 Comparación térmica de datos registrados en el interior y exterior (punto 10) del caso de estudio, el 10 de agosto del 2001.

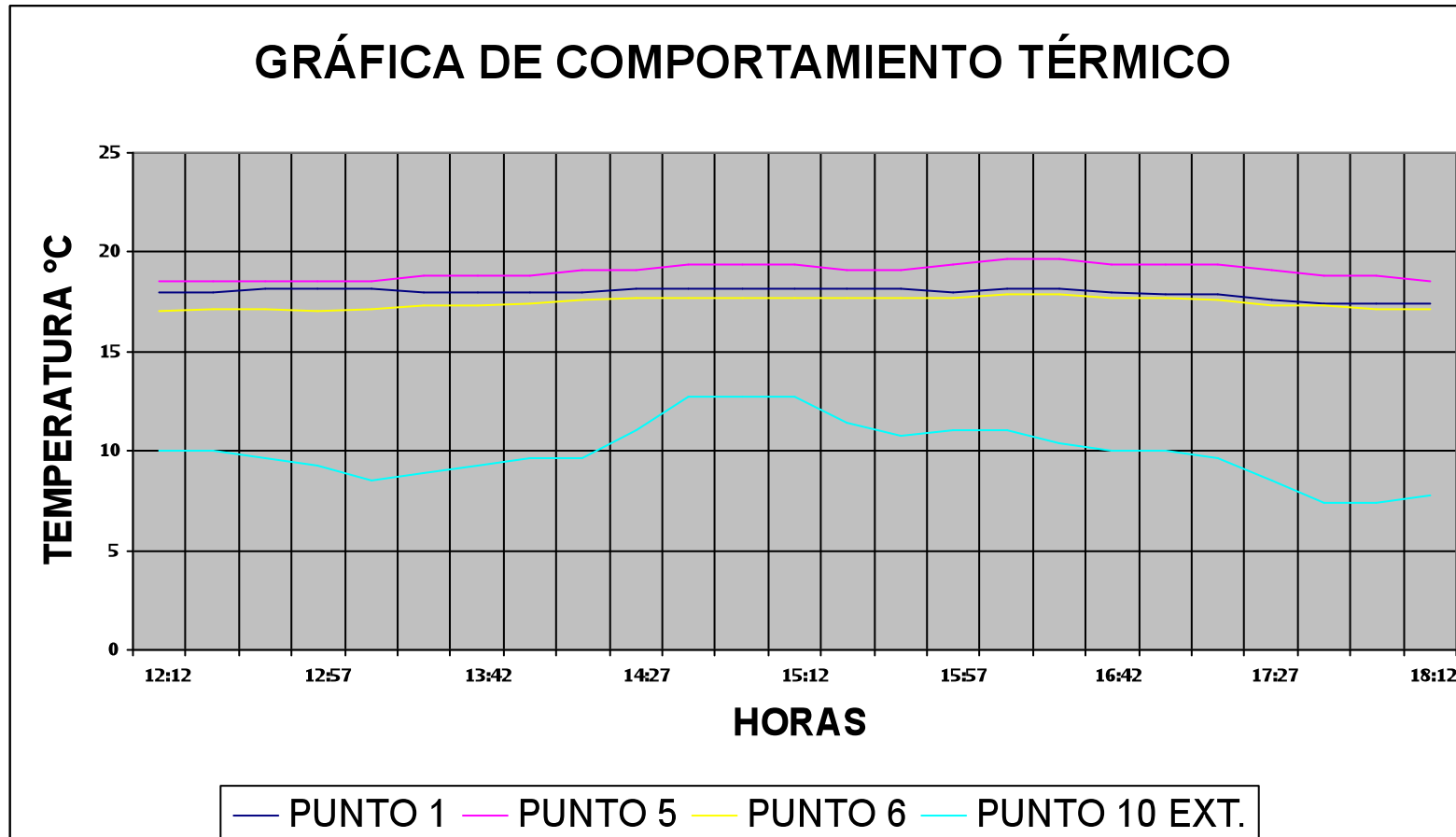


Fig. 3.29 Comparación térmica de datos registrados en el interior y exterior (punto 10) del caso de estudio, el 13 de enero del 2002.

ΛΟΧΑΛΙΖΑΧΙΟΝ ΔΕ ΠΥΝΤΟΣ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΟΝ ΔΕ ΝΙΖΕΛΕΣ ΔΕ ΙΛΥΜΙΝΑΧΙΟΝ (Εν Λυξ)
 ΥΔΙΡΕΧΧΙΟΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΟΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
 ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ.

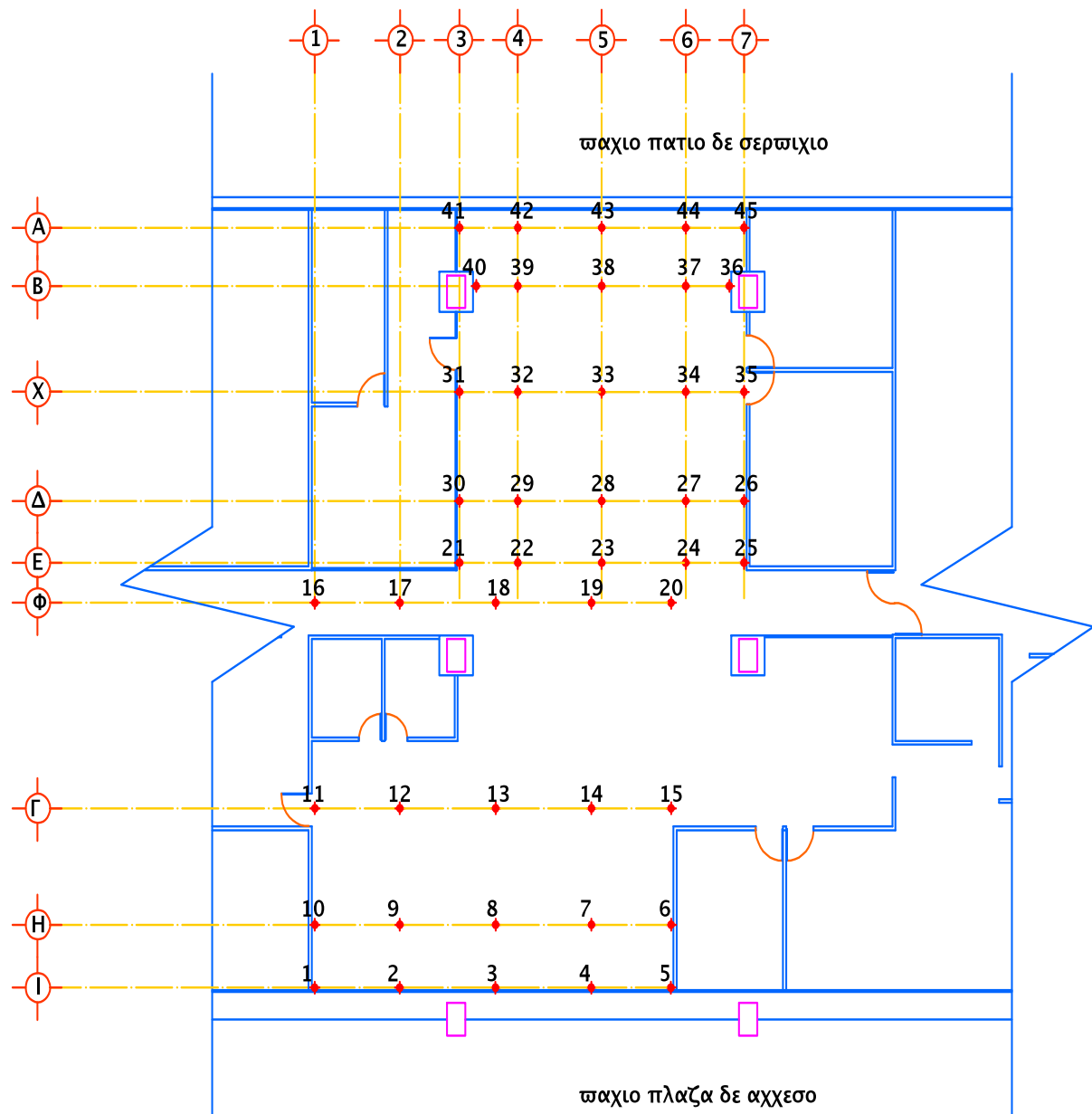


Fig. 3.30 Localización de los 45 puntos para medición de niveles de iluminación en la zona de estudio.

LECTURAS TOMADAS DE NIVELES DE ILUMINACIÓN EN Lux.

Edificio de Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana

"Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional"

20 de Junio del 2001

Muestra con Luxómetro:

(Modelo L731940, Marca The WATT STOPPER, FX-200 ILLUMINOMETER)

Punto	Hora	lux (interior)	lux (exterior)	Factor de Día
1-I	02:45:00 p.m.	1000	27200	0.037
2-I	02:45:30 p.m.	1340	27800	0.048
4-I	02:46:00 p.m.	890	28100	0.032
5-I	02:46:30 p.m.	1650	28800	0.057
6-I	02:47:00 p.m.	1840	27600	0.067
6-H	02:47:30 p.m.	230	27100	0.008
5-H	02:48:00 p.m.	290	26600	0.011
4-H	02:48:30 p.m.	397	26400	0.015
2-H	02:49:00 p.m.	860	26100	0.033
1-H	02:49:30 p.m.	720	26600	0.027
1-G	02:50:00 p.m.	573	28100	0.020
2-G	02:50:30 p.m.	498	28600	0.017
4-G	02:51:00 p.m.	270	29200	0.009
5-G	02:51:30 p.m.	114	30000	0.004
6-G	02:52:00 p.m.	171	31500	0.005
1-F	02:52:30 p.m.	71	32600	0.002
2-F	02:53:00 p.m.	82	36400	0.002
4-F	02:53:30 p.m.	93	38300	0.002
5-F	02:54:00 p.m.	166	39500	0.004
6-F	02:54:30 p.m.	136	40700	0.003
3-E	02:55:00 p.m.	215	38600	0.006
4-E	02:55:30 p.m.	318	37500	0.008
5-E	02:56:00 p.m.	270	35300	0.008
6-E	02:56:30 p.m.	308	34500	0.009
7-E	02:57:00 p.m.	180	35000	0.005
7-D	02:57:30 p.m.	250	36700	0.007
6-D	02:58:00 p.m.	411	35400	0.012
5-D	02:58:30 p.m.	493	35000	0.014
4-D	02:59:00 p.m.	565	35500	0.016
3-D	02:59:30 p.m.	355	35400	0.010
3-C	03:00:00 p.m.	288	35200	0.008
4-C	03:00:30 p.m.	670	35400	0.019
5-C	03:01:00 p.m.	815	35200	0.023
6-C	03:01:30 p.m.	755	35000	0.022
7-C	03:00:00 p.m.	250	33000	0.008
7-B	03:00:30 p.m.	562	30300	0.019
6-B	03:02:00 p.m.	1002	30200	0.033
5-B	03:02:30 p.m.	1000	30000	0.033
4-B	03:03:00 p.m.	1205	28500	0.042
3-B	03:03:30 p.m.	871	26400	0.033
3-A	03:04:00 p.m.	336	26100	0.013
4-A	03:04:30 p.m.	531	23300	0.023
5-A	03:05:00 p.m.	350	22800	0.015
6-A	03:05:30 p.m.	507	21300	0.024
7-A	03:06:00 p.m.	195	20200	0.010

Tabla 3.1 Datos lumínicos con factor día tomados con luxómetro en el interior de la zona de estudio el 20 de junio del 2001.

ΛΟΧΑΛΙΖΑΧΙΟΝ ΔΕ ΠΥΝΤΟΣ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΟΝ ΔΕ ΝΙΞΕΛΕΣ ΔΕ ΙΛΥΜΙΝΑΧΙΟΝ (Εν Λυξ)
ΥΔΙΡΕΧΧΙΟΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΟΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ. ΦΕΧΗΑ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΟΝ: 20 ΘΥΝΙΟ 2001

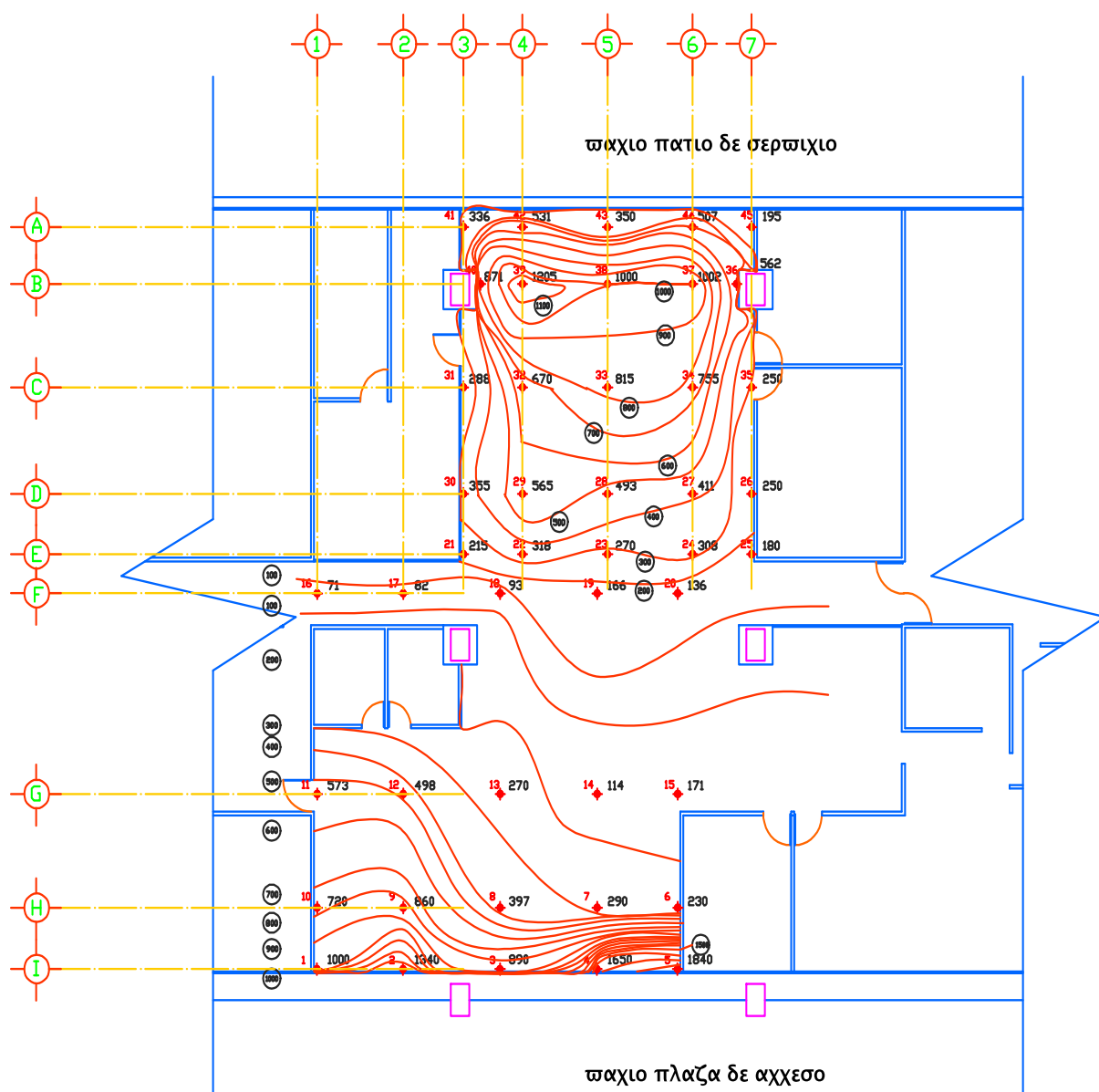


Fig. 3.31 Curvas de isolux de niveles de iluminación de datos tomados el 20 de junio del 2001 en la azotea de estudio.

COMPORTAMIENTO LUMÍNICO (LUX)

Edificio de Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana
" Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional"

PUNTOS	1	2	3	4	5	6	7	8
A			750		768	755		850
B			255	305				
C		88						
D	60							
E			55	155				
F						105		
G				90				
H				88				
I							25	
J	312			340	270			
K	710	450	540					
L		900		950				

Tabla 3.2 Datos de iluminación tomados en la zona de estudio el 27 de agosto del 2001.

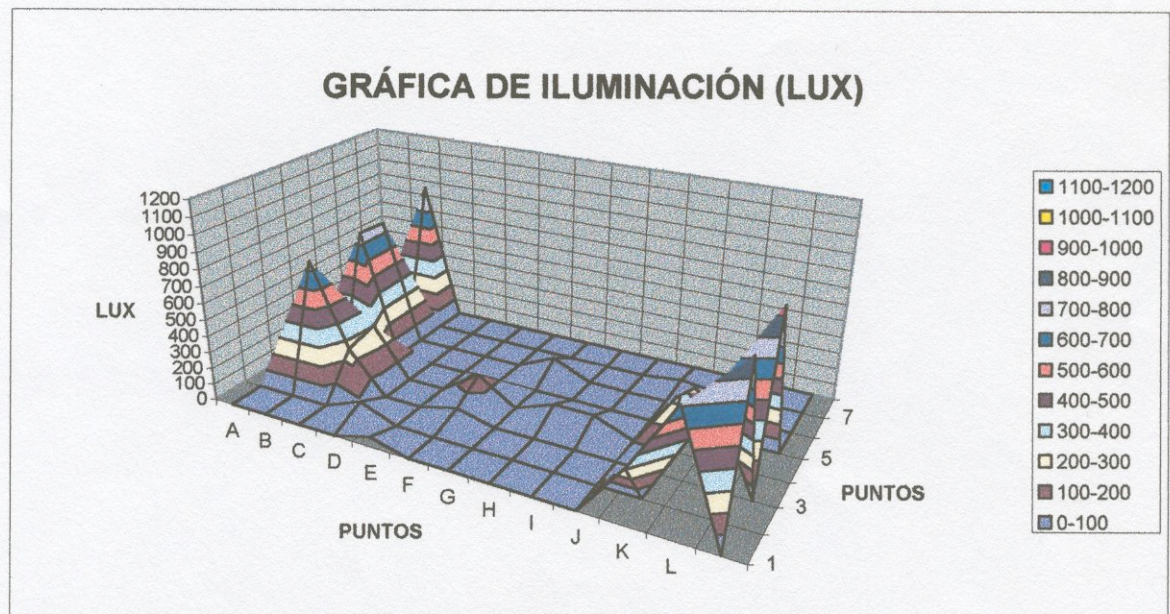


Fig. 3.32 Comportamiento gráfico de los datos de iluminación de la tabla anterior.

LECTURAS TOMADAS DE NIVELES DE ILUMINACION EN Lux.

Edificio de Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana

"Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional"

29 de Junio del 2001

Muestra con Luxómetro:

(Modelo L731940, Marca The WATT STOPPER, FX-200 ILLUMINOMETER)

Punto	Hora	lux (interior)	lux (exterior)	Factor de Día
1-I	11:15:00	3470	26000	0.133
2-I	11:15:30	3070	25000	0.123
4-I	11:16:00	1510	25100	0.060
5-I	11:16:30	3830	27000	0.142
6-I	11:17:00	3300	27300	0.121
6-H	11:17:30	704	25200	0.028
5-H	11:18:00	754	26200	0.029
4-H	11:18:30	666	25200	0.026
2-H	11:19:00	873	22900	0.038
1-H	11:19:30	627	24000	0.026
1-G	11:20:00	556	23500	0.024
2-G	11:20:30	553	22000	0.025
4-G	11:21:00	430	21000	0.020
5-G	11:21:30	477	20600	0.023
6-G	11:22:00	312	21400	0.015
1-F	11:22:30	95	23000	0.004
2-F	11:23:00	107	22800	0.005
4-F	11:23:30	103	24700	0.004
5-F	11:24:00	134	26000	0.005
6-F	11:24:30	142	24500	0.006
3-E	11:25:00	356	24200	0.015
4-E	11:25:30	346	25700	0.013
5-E	11:26:00	388	24700	0.016
6-E	11:26:30	295	25700	0.011
7-E	11:27:00	186	27000	0.007
7-D	11:27:30	230	28500	0.008
6-D	11:28:00	638	25000	0.026
5-D	11:28:30	654	25400	0.026
4-D	11:29:00	596	28000	0.021
3-D	11:29:30	373	27400	0.014
3-C	11:30:00	442	26700	0.017
4-C	11:30:30	828	24700	0.034
5-C	11:31:00	858	24000	0.036
6-C	11:31:30	901	26000	0.035
7-C	11:32:00	602	23000	0.026
7-B	11:32:30	500	25800	0.019
6-B	11:33:00	1026	24200	0.042
5-B	11:33:30	725	26000	0.028
4-B	11:34:00	999	26100	0.038
3-B	11:34:30	610	26700	0.023
3-A	11:35:00	303	25800	0.012
4-A	11:35:30	385	25300	0.015
5-A	11:36:00	400	26700	0.015
6-A	11:36:30	395	25100	0.016
7-A	11:37:00	223	24500	0.009

Tabla 3.3 Datos lumínicos con factor día tomados con luxómetro en el interior de la zona de estudio el 29 de junio del 2001.

ΛΟΧΑΛΙΖΑΧΙΟΝ ΔΕ ΠΥΝΤΟΣ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΟΝ ΔΕ ΝΙΞΕΛΕΣ ΔΕ ΙΛΥΜΙΝΑΧΙΟΝ (Εν Λυξ)
ΥΔΙΡΕΧΧΙΟΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΟΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ. ΦΕΧΗΑ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΟΝ: 29 ΘΥΝΙΟ 2001

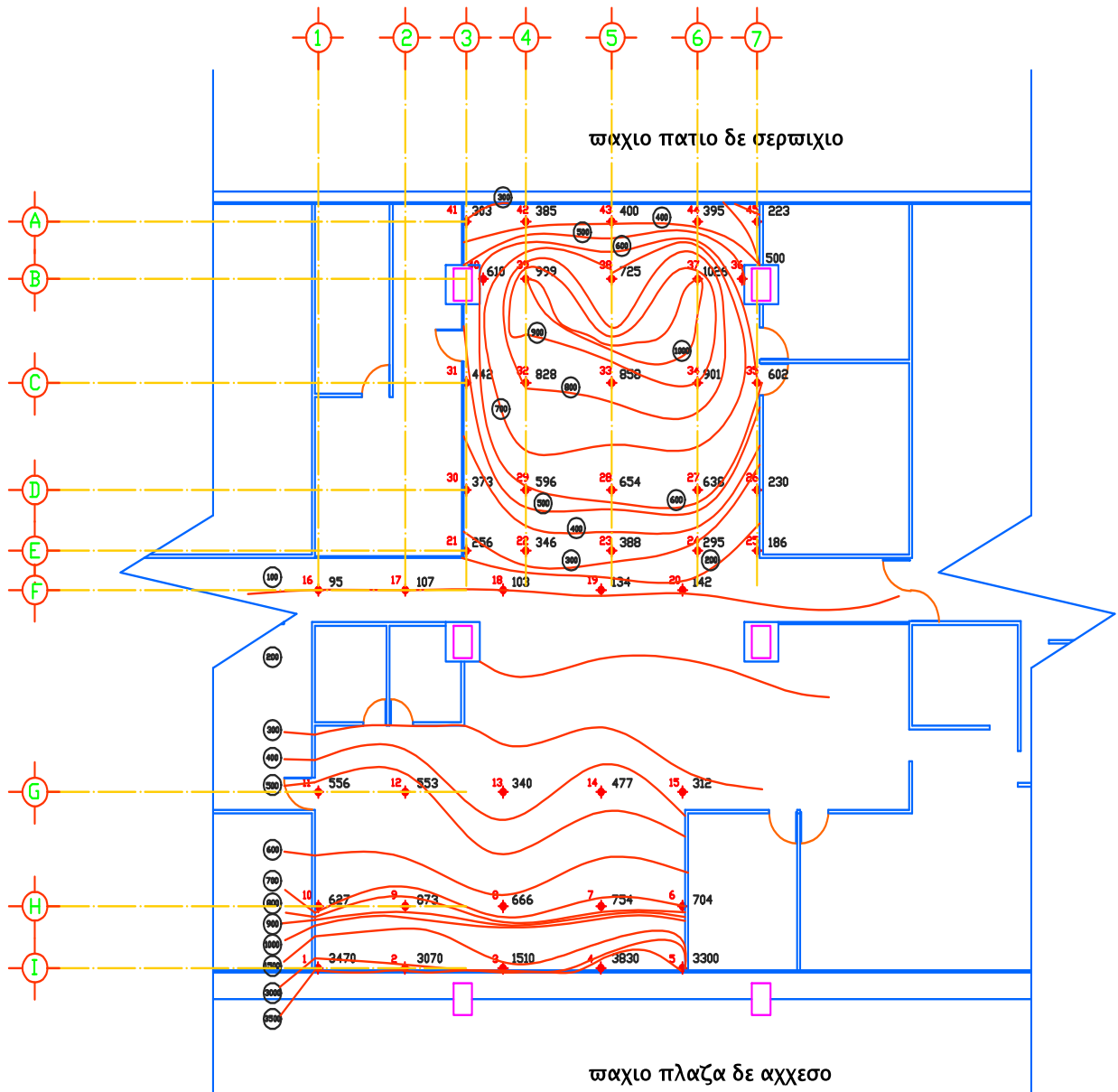


Fig. 3.33 Curvas de isolux de niveles de iluminación de datos tomados el 29 de junio del 2001 en la zona de estudio.

COMPORTAMIENTO LUMÍNICO (LUX)

Edificio de Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana
" Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional "

PUNTOS	1	2	3	4	5	6	7	8
A			770		810	777		900
B			270	328				
C		98						
D	70							
E			58	170				
F						115		
G				85				
H				95				
I							30	
J	329			355	285			
K	760	500	577					
L		1000		1020				

Tabla 3.4 Datos de iluminación tomados en la maqueta de la zona de estudio (estado actual) en el cielo artificial.

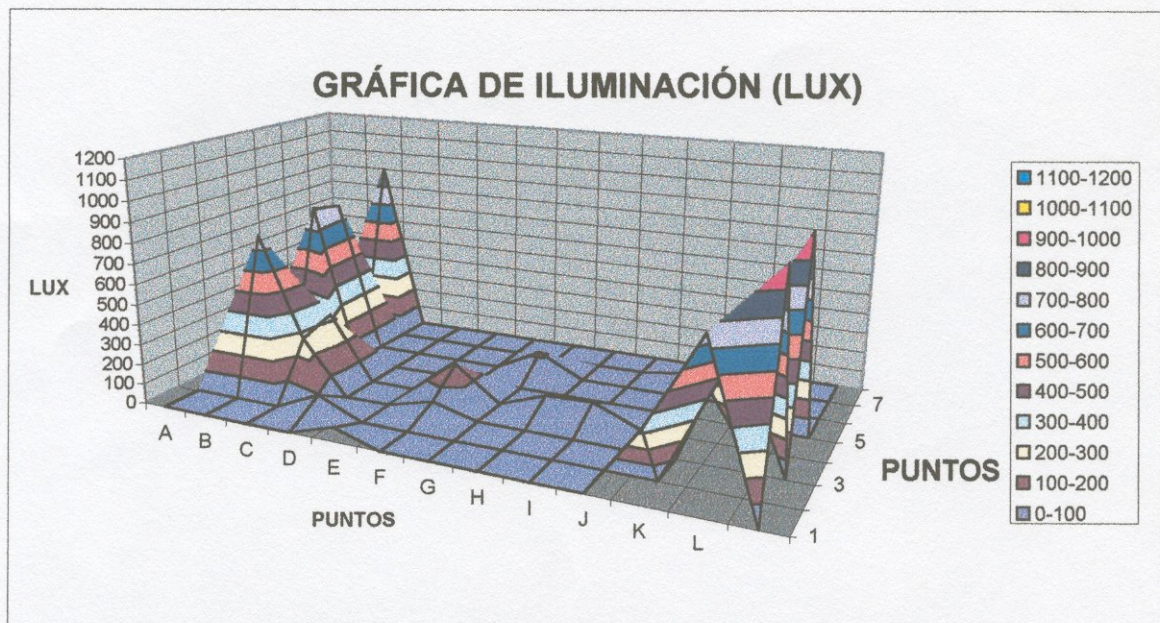


Fig. 3.34 Comportamiento gráfico de los datos de iluminación de la tabla anterior.

4.1 Propuestas y estrategias de confort termolumínico en los espacios analizados.

Con base al análisis del caso de estudio realizados en los capítulos anteriores se presentan las siguientes propuestas de diseño bioclimático, con el objetivo de lograr el confort termolumínico de los ocupantes, en sus espacios de trabajo.

Estas propuestas se clasifican en los siguientes aspectos:

1. Confort lumínico.
2. Confort visual.
3. Confort térmico.
4. Ahorro de energía.

1. Confort lumínico:

- 1.1 Redistribución de la ubicación (layout) del mobiliario existente, para aprovechar de una manera más adecuada el potencial de la luz natural.
- 1.2 Sectorización de los circuitos eléctricos del proyecto, para la óptima utilización de la luz natural y para la utilización eficiente de los sistemas de iluminación eléctrica.
- 1.3 Colocación de sistemas de iluminación eléctrica de alta eficiencia en estaciones de trabajo individuales.
- 1.4 Colocación de dispositivos de control lumínico.
- 1.5 Aumentar las dimensiones en altura de las ventanas existentes para aumentar la iluminación natural.
- 1.6 Reducción del volado en el lado noroeste para evaluar la problemática (obstrucción) causada a la penetración de iluminación natural.
- 1.7 Dar mantenimiento a los cristales de la cancelería para evitar la reducción de su transminancia.

- 1.8 Ducto termolumínico para proporcionar mayores niveles de iluminancia y para promover la renovación de aire del interior de los espacios.

2. Confort visual:

- 2.1 Reubicación de pantallas de vídeo y monitores, fuera del campo visual de impacto, para evitar deslumbramientos y reflejos, provenientes de fuentes luminosas: ventanas y/o luminarios, que actualmente afectan el confort y la productividad y eficiencia de los usuarios.

El deslumbramiento es otro factor muy importante que tiene que ver con la calidad de luz, que se puede dar de forma directa o reflejada. Su intensidad depende de la brillantez, la magnitud y la posición de las fuentes luminosas en el campo visual, incluyendo la propia luminancia del campo. Es sumamente importante evitar los deslumbramientos, ya sea cuando se use iluminación natural o artificial; porque además de ser molesto al observador baja la eficiencia en el desarrollo de sus actividades.

3. Confort térmico:

- 3.1 Aplicación de acabado de alta reflectancia en la cubierta, para disminuir las cargas solares-térmicas del exterior.
- 3.2 Ubicación de aberturas en ventanas para promover la ventilación natural controlada.
- 3.3 Aprovechar el espacio vacío que existe entre la cubierta y el falso plafón, colocando ductos de entrada y salida de aire, para que funcionen como succionadores de aire caliente del interior del edificio.
- 3.4 Eliminar los muros divisorios de cancelería que están en el interior de la Zona de Estudio, para permitir mayor circulación de aire y evitar obstruir la entrada de la luz natural.

4. Ahorro de energía:

- 4.1 Integración de sistemas de control lumínico por zonas en los espacios analizados.
- 4.2 Mantenimiento frecuente de luminarias y sus componentes, además de utilizar equipos para iluminación artificial más eficientes.
- 4.3 Sectorización de los circuitos eléctricos del proyecto, para la óptima utilización de la luz natural.

4.2 Análisis de las estrategias de diseño propuestas.

Evaluación de propuestas para iluminación en la maqueta de la zona específica de estudio (en el cielo artificial).

Para poder evaluar las propuestas se hizo la maqueta de la zona específica de estudio incluyendo el mobiliario en su estado original, se hicieron las preparaciones correspondientes para tomar lecturas de iluminación en el cielo artificial de la U.A.M AZC. (Fig. 4.3), los datos obtenidos en esta medición se encuentran en la (Tabla 4.1).

En la propuesta **núm. 1.4** se implementan dispositivos de control lumínico para aumentar la cantidad de iluminación al interior de la zona de estudio. Con la misma intención se aumenta la altura (**propuesta núm. 1.5**) que en su estado original es de 2.40 mts. se propone a 3.00 mts. Esta estrategia no solo ayuda al comportamiento lumínico, sino también al confort térmico que sufre un gran problema de ventilación, la tabla 5.1 nos muestra los resultados obtenidos en esta propuesta.

Para la propuesta **núm.1.6** además de lo implementado en la propuesta anterior, se propone la reducción del volado en lado noroeste, se aclara que en este caso la propuesta se hace para tener conclusiones mas generales para cuando se proyecten edificios nuevos, ya que en la realidad en este edificio llevarlo a cabo sería muy difícil debido a la existencia de construcción sobre este volado, los resultados son

sorprendentes (Tabla 4.6) la cantidad iluminación que se aumentaría al interior de la zona de estudio ayudaría mucho al confort lumínico.

En la maqueta de la zona específica de estudio, se seleccionaron 22 puntos para medición de niveles de iluminación (Fig. 4.2) que corresponden a los puestos de trabajo. Estos puntos en la maqueta fueron medidos en el cielo artificial y también fueron medidos en el edificio para tener la comparación entre lo real y lo simulado.

En la tabla 4.1 se indican los datos obtenidos en cada una de las mediciones realizadas en los diferentes puntos. A cada columna le corresponde una medición, tal es el caso de la columna A que contiene los datos obtenidos en el edificio caso de estudio.

De acuerdo a los números contenidos en cada tabla observamos que hay grandes diferencias de niveles de iluminación, algunos están por arriba de los 500 lux y otros por debajo de lo que sería lo más recomendable.

ΠΕΥΒΙΧΑΧΙΘΝ ΔΕ ΜΟΒΙΛΙΑΡΙΟ ΕΝ ΛΑ ΖΟΝΑ ΕΣΠΕΧΗΦΙΧΑ ΔΕ ΕΣΤΥΔΙΟ
ΥΔΙΡΕΧΧΙΘΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΘΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ.

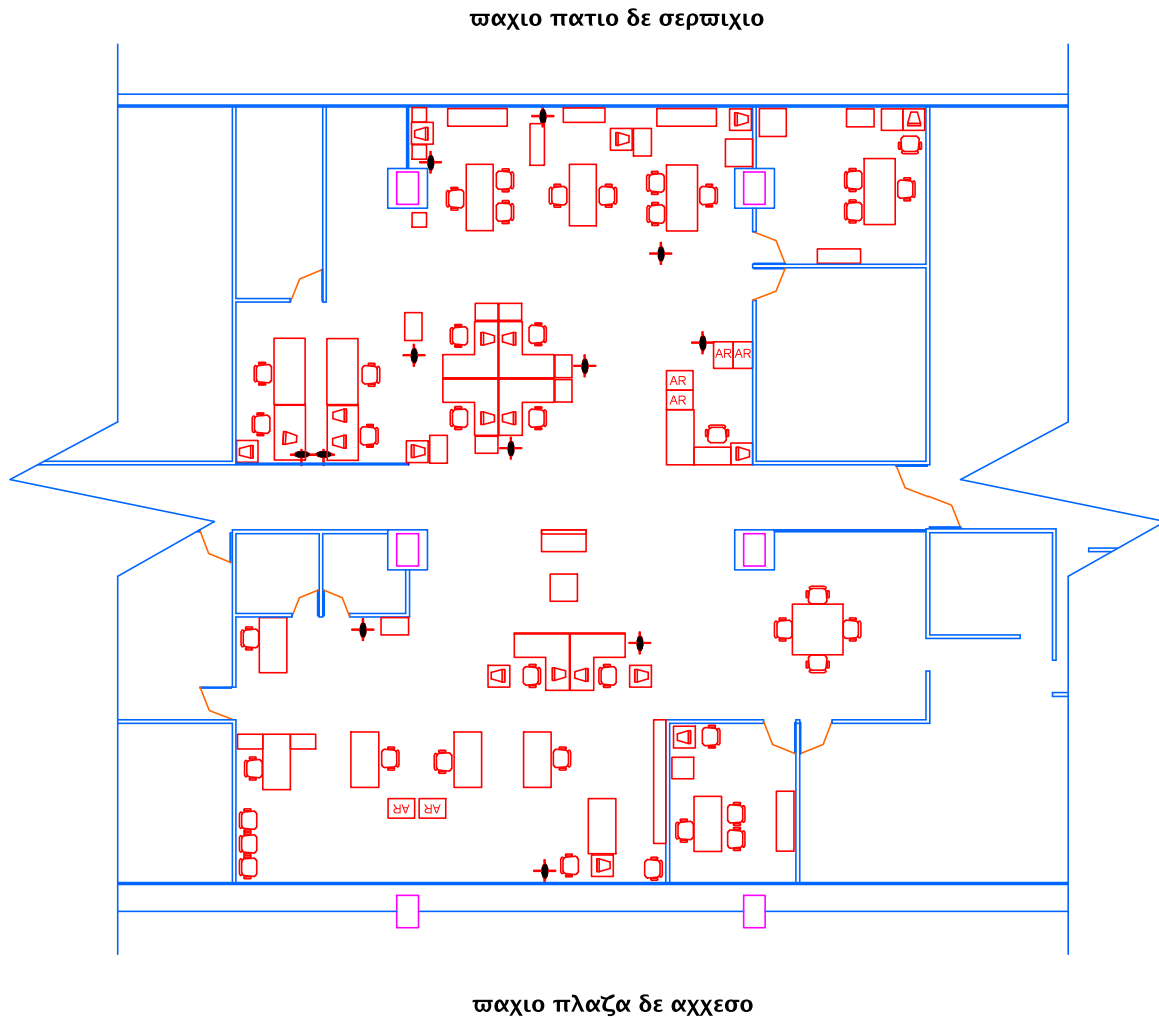


Fig. 4.1 Propuesta 1.1 reubicación del mobiliario en la zona específica de estudio.

ΥΒΙΧΑΧΙΟΝ ΔΕ ΠΥΝΤΟΣ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΟΝ ΔΕ ΙΛΥΜΙΝΑΧΙΟΝ ΕΝ ΛΑ ΜΑΘΥΕΤΑ, ΥΣΑΝΔΟ ΕΛ ΧΙΕΛΟ ΑΡΤΙΦΙΧΙΑΛ
ΥΔΙΡΕΧΧΙΟΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΟΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡ1Α Υ.Α.Μ.

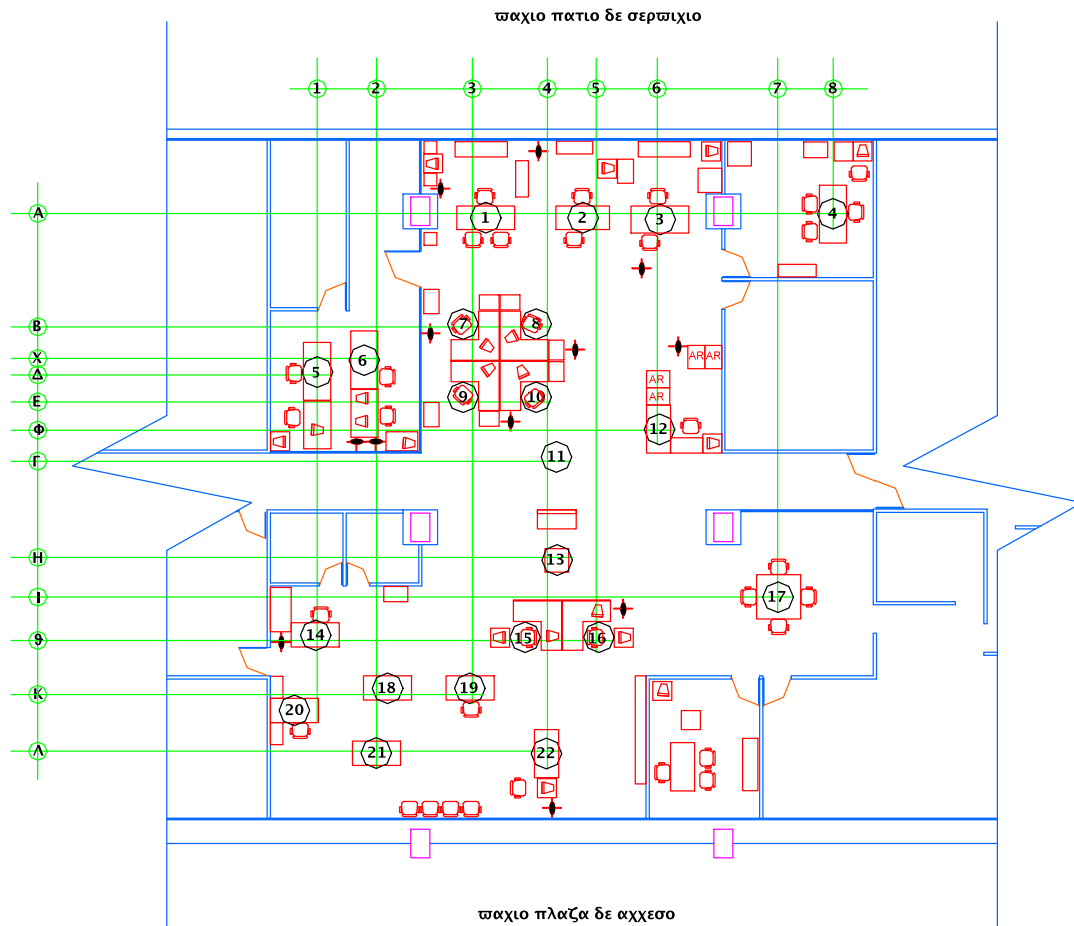


Fig. 4.2 Ubicación de puntos de medición para iluminación, para evaluar las propuestas en el cielo artificial.

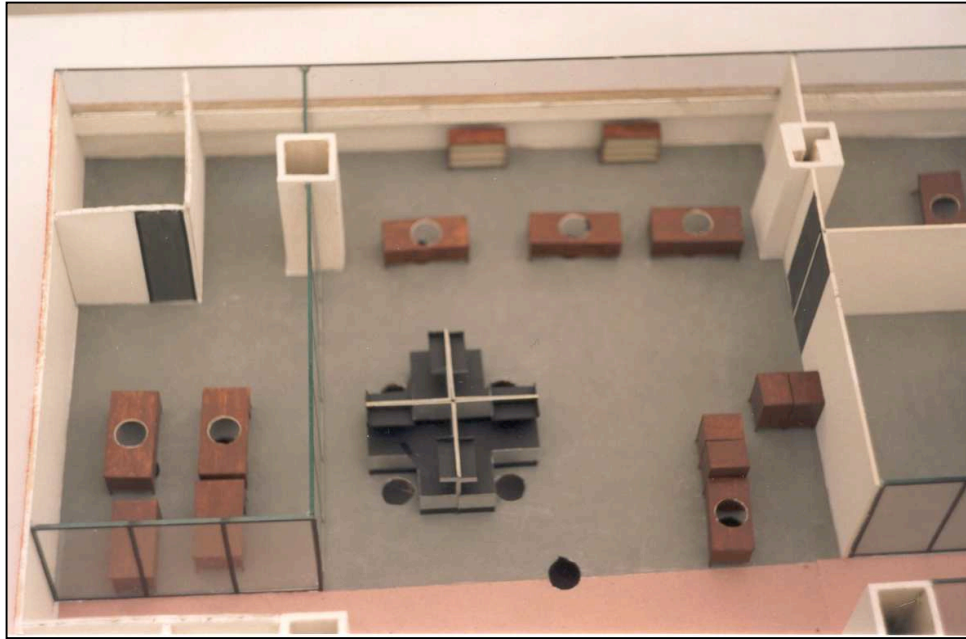


Fig. 4.3 Vista de la preparación de la maqueta para medir niveles de iluminación en el cielo artificial (estado actual del edificio).



Fig. 4.4 Colocación de la maqueta del equipo para medición de niveles de iluminación.



Fig. 4.5 Vista de la preparación de la maqueta para medir niveles de iluminación en el cielo artificial (en la propuesta 1.4).



Fig. 4.6 Vista de la preparación de la maqueta para medir niveles de iluminación en el cielo artificial (en la propuesta 1.5).

DATOS DE ILUMINACIÓN (LUX)

Edificio de Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana

" Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional "

PUNTO	A	B	C	D
1	750	770	820	1000
2	768	810	953	1050
3	755	777	845	1000
4	850	900	1000	1200
5	60	70	85	135
6	88	98	123	200
7	255	270	368	440
8	305	328	430	635
9	55	58	80	130
10	155	170	205	240
11	90	85	132	175
12	105	115	165	200
13	88	95	150	180
14	312	329	450	525
15	340	355	480	570
16	270	285	360	410
17	25	30	40	50
18	450	500	690	800
19	540	577	778	1100
20	710	760	880	1050
21	900	1000	1100	1200
22	950	1020	1150	1225

NOTAS:

A Datos medidos en el Caso de Estudio.

B Datos medidos en la maqueta del Caso de Estudio correspondiente al estado actual.

C Datos correspondientes a la propuesta número 1.4

D Datos correspondientes a la propuesta número 1.5

Tabla 4.1 Datos de iluminación tomados en el estado actual del caso de estudio y en las propuestas.

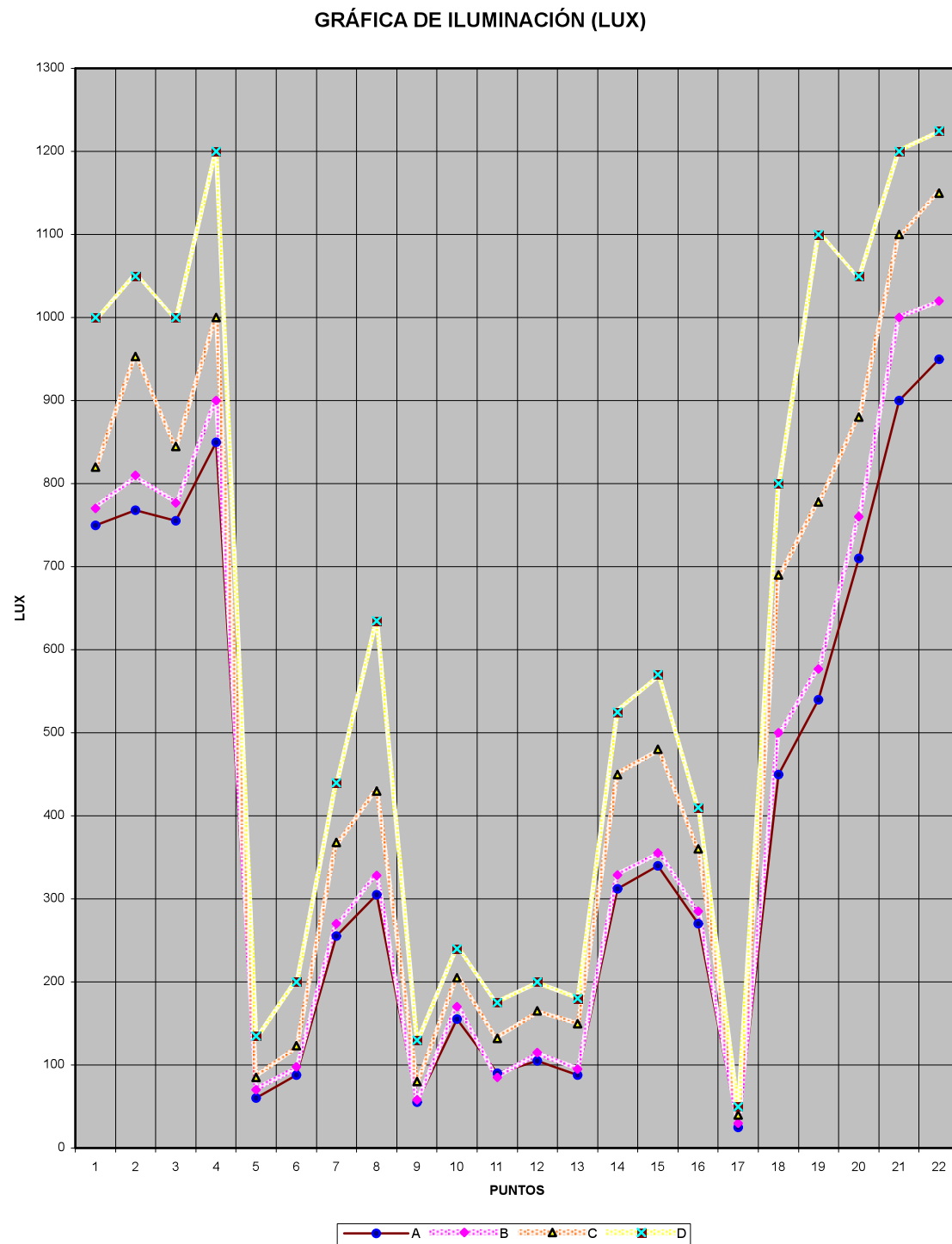


Fig. 4.7 Resumen gráfico de datos de iluminación tomados en el estado actual del caso de estudio y en las propuestas (ver tabla 4.1).

GRÁFICA DE COMPORTAMIENTO LUMÍNICO

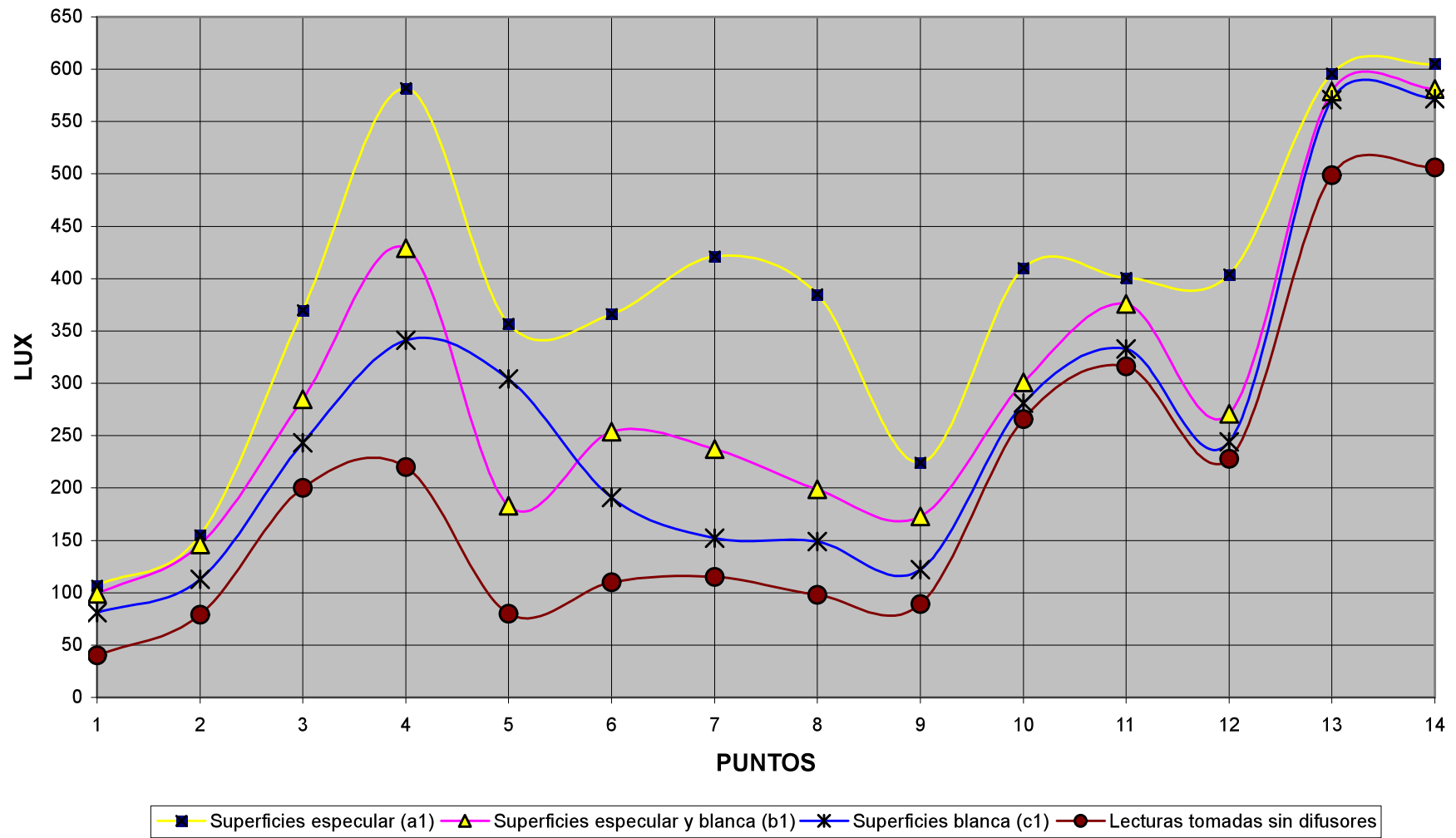


Fig. 4.17 Gráfica de comportamiento lumínico, de datos obtenidos en la evaluación del ducto termo lumínico en el cielo artificial.

Situación actual de los sistemas de iluminación artificial.

Con la finalidad de evaluar la situación actual de los equipos de iluminación artificial, se hizo un levantamiento general de las lámparas (Fig. 4.8) para posteriormente poder hacer las propuestas correspondientes.

En cuestión de lámparas se observa que hay una gran cantidad dispuestas en toda la zona de estudio; el problema radica en el control y diseño de los circuitos (Fig. 4.9); ya que se tiene la misma cantidad de iluminación artificial cerca de las ventanas donde existe mayor iluminación natural que en la parte central de los espacios en los cuales la iluminación natural es mucho menor.

Propuesta de control de lámparas existentes y rediseño de circuitos eléctricos (propuesta 4.3).

En esta propuesta se pretende evitar que durante todo el día estén prendidas todas las lámparas y que solo aquellas que se requieran lo estén. Para esto es necesario el rediseño de los circuitos (Fig. 4.10) para facilitar el control de las lámparas; también se recomienda la colocación de sensores de presencia en zonas donde la actividad no es continua.

Para el mejoramiento de la eficiencia luminosa de los equipos de iluminación artificial, se propone (**propuesta 4.2**) cambiar los balastos existentes (FB = 85) por balastos mas eficientes (FB = 120) ver tabla 4.2.

Los beneficios que se buscan con estas propuestas van más allá del confort lumínico, ya que al tener menos lámparas encendidas durante el día, se evitan mayores ganancias térmicas y a su vez esto tiene impacto en el consumo energético.

ΔΙΣΤΡΙΒΥΧΙΟΝ ΔΕ Λ ΜΠΑΡΑΣ ΕΞΙΣΤΕΝΤΕΣ
ΥΔΙΡΕΧΧΙΟΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΟΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ. ΦΕΧΗΑ ΔΕ ΛΕΣΑΝΤΑΜΙΕΝΤΟ: 30 ΜΑΨΟ 2001

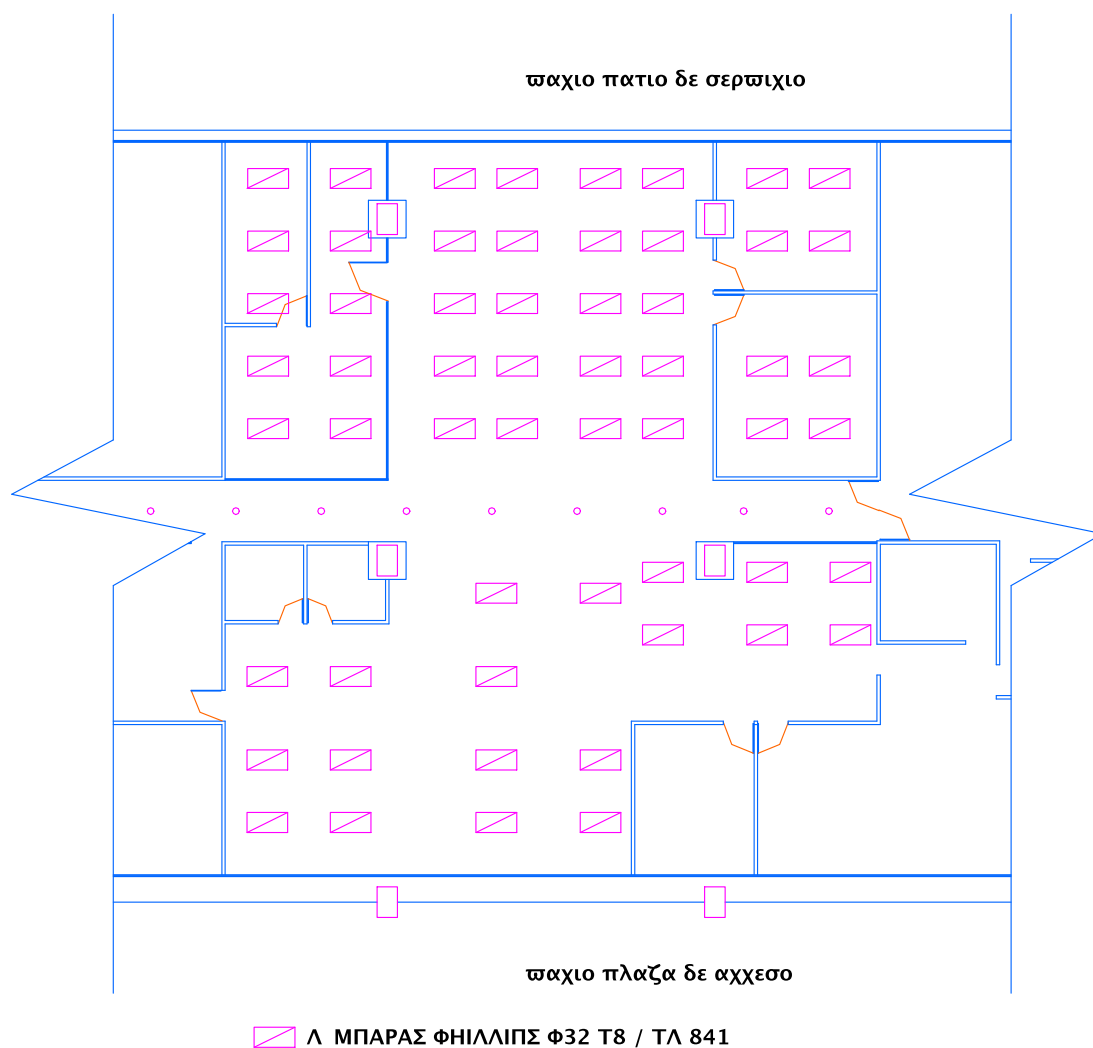


Fig. 4.8 Situación actual de los equipos de iluminación artificial en la zona específica de estudio.

ΣΙΤΥΑΧΙΟΝ ΑΧΤΥΑΛ ΔΕ ΧΙΡΧΥΙΤΟΣ Ψ ΧΑΒΛΕΑΔΟ
ΥΔΙΡΕΧΧΙΟΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΟΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ.

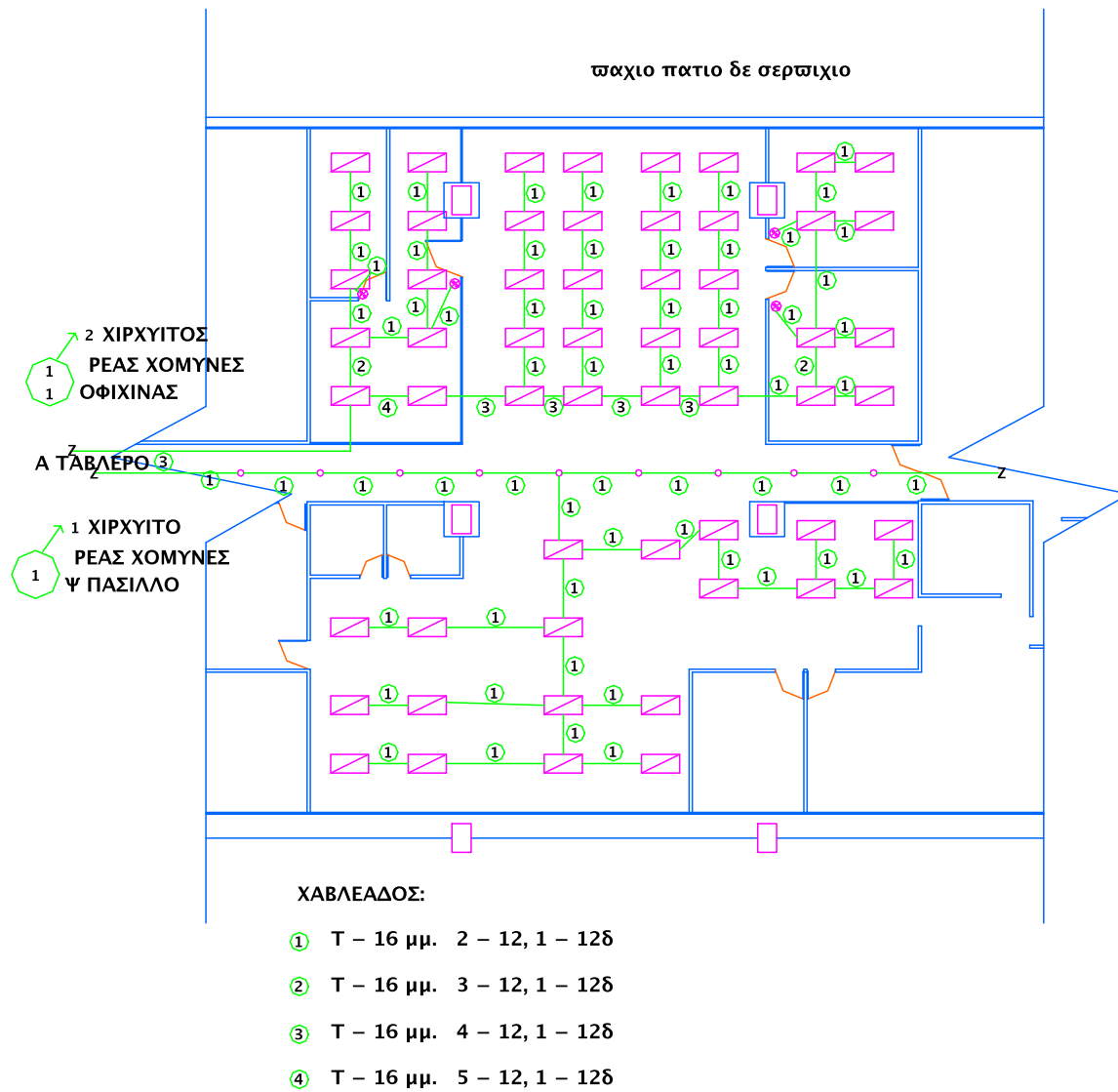


Fig. 4.9 Situación actual de los circuitos para iluminación artificial en la zona específica de estudio.

ΠΡΟΠΥΕΣΤΑ ΔΕ ΧΟΝΤΡΟΛ ΔΕ Λ ΜΠΑΡΑΣ ΕΞΙΣΤΕΝΤΕΣ
 ΡΕΔΙΣΕΝΟ ΔΕ ΧΙΡΧΥΙΤΟΣ
 ΥΔΙΡΕΧΧΙΘΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΘΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
 ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ.

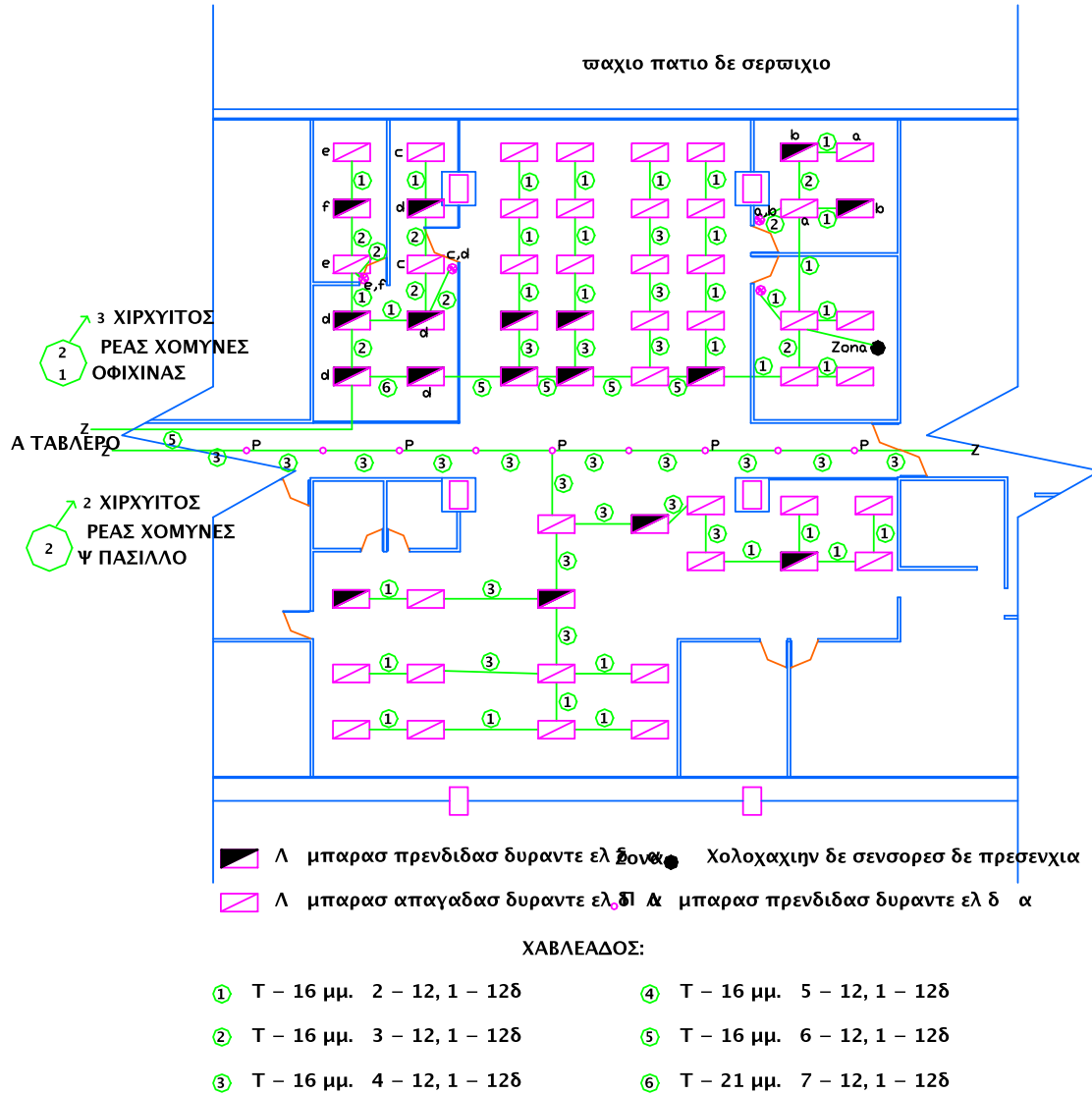


Fig. 4.10 Propuestas de rediseño de circuitos para iluminación artificial en la zona específica de estudio (propuesta 4.3).

COMPARACIÓN DE EFICACIA LUMINOSA DE LÁMPARAS Y BALASTROS EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Sistema de Iluminación en lámparas y balastos.	Flujo luminoso (lúmenes nominales de las lámparas)	Consumo del sistema (watts)	Flujo luminoso del sistema (lúmenes de lámparas y balastos)	Eficacia del sistema (Lm/W)
2 X 39 (T-12), con balastro electromagnético FB = 70	6200	72	4340	60.2
2 X 39 (T-12), con balastro electromagnético FB = 92.5	6200	88	5766	65.5
2 X 40 (T-12), con balastro electromagnético FB = 92.5	6300	86	5827	68
2 X 34 (T-12), con balastro electromagnético FB = 92.5	5650	78	5226	67
2 X 32 (T-8), con balastro electromagnético FB = 92.5	6100	72	5642	78.4
2 X 32 (T-8), con balastro electrónico FB = 85	6100	59	5181	87.8
2 X 32 (T-8), con balastro eléctrico FB = 92.5	6100	60	5642	94
2 X 32 (T-8), con balastro eléctrico FB = 120	6100	76	7320	96.3

Tabla 4.2 Comparación de algunos balastos electromagnéticos y electrónicos para cierto tipo de lámparas.

Fuente: Pruebas de Laboratorio, Osram.

Propuestas para el óptimo aprovechamiento de la iluminación natural.

Se recomienda que un espacio de trabajo para oficinas esté proporcionado en cuestión de su altura de entrepiso y el fondo del mismo; ya que entre más profundo sea el espacio en relación a su sistema de ventanería, menor será la penetración de iluminación natural.

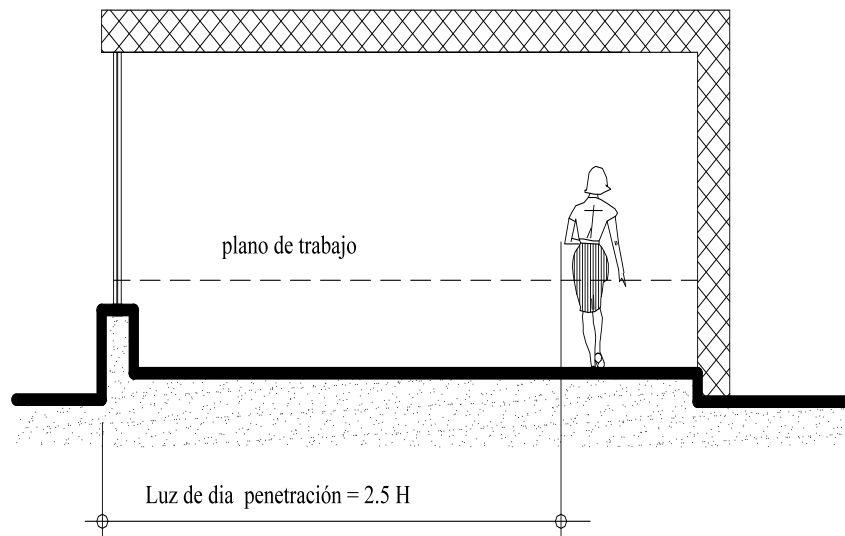


Fig. 4.11 Recomendación para penetración de iluminación natural, para realizar tareas visuales de escritura y lectura.

En la Fig. 4.12 podemos observar en el estado actual del edificio caso de estudio, cual sería la penetración de iluminación natural de acuerdo a la recomendación anterior. Se aprecia que la relación que existe entre la altura de entrepiso y el ancho del espacio de trabajo, no es la más recomendable; ya que en la zona central de dicho espacio la penetración de iluminación natural es muy escasa.

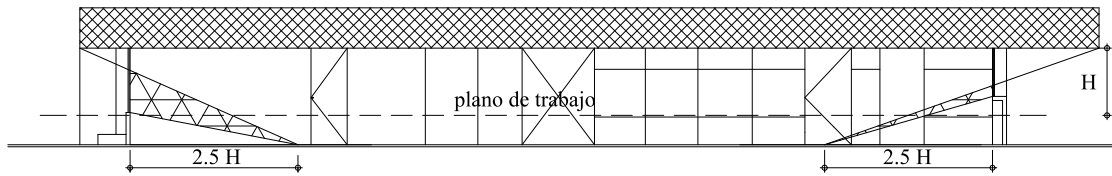


Fig. 4.12 Corte esquemático de la penetración de iluminación natural en el estado actual del edificio caso de estudio.

Una de las propuestas para mejorar la captación de iluminación natural hacia el interior en la zona específica de estudio, es aumentar la altura de entrepiso de 2.40 mts. a 3.00 mts. aprovechando el espacio existente entre el falso plafón y la estructura. En la Fig. 4.13 se observa cual sería la penetración de iluminación natural y se observa que efectivamente aumenta la captación de iluminación natural, aprovechando este espacio.

Para proyectos de edificios nuevos que alberguen grandes cantidades de usuarios, es recomendable hacer un estudio minucioso de captación de iluminación natural, si es que no se requiere depender en mayor grado de la iluminación artificial.

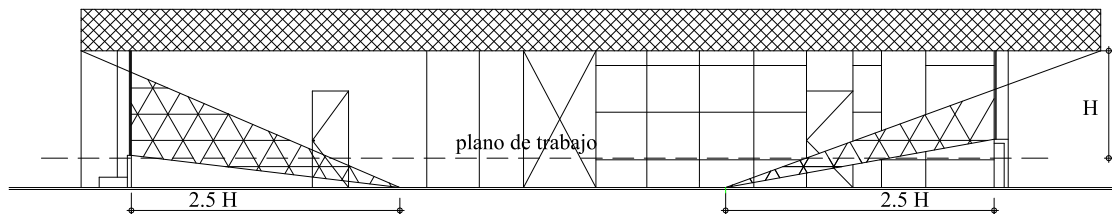


Fig. 4.13 Corte esquemático en donde se propone aumentar la altura de entrepiso del edificio caso de estudio para obtener mayor captación de iluminación natural (propuesta 1.5).

Propuestas para el mejoramiento del confort térmico en la zona de estudio.

Para que exista un mejoramiento en el confort térmico en la zona específica de estudio, además del que se logra optimizando la iluminación natural, que permite disminuir la ganancia térmica por el menor uso de equipos de iluminación artificial; se propone implementar estrategias de diseño bioclimático, que tienen que ver específicamente con la ventilación natural.

Ductos termolumínicos (propuesta 1.8).

Se propone la colocación de ductos termolumínicos en la parte superior del entrepiso en la zona específica de estudio, cuya funcionalidad será, por un lado succionar el aire caliente del interior y de expulsarlo hacia el exterior y por el otro permitir una mayor penetración de iluminación natural a través de difusores. Estos ductos deben contar con rejillas de control de fácil accionamiento, para evitar circulaciones de aire no deseadas.

El ducto termolumínico mejorará la iluminación natural que entra al edificio, principalmente a las zonas más alejadas del sistema de ventanería, hasta un promedio de 142%, de acuerdo a las evaluaciones realizadas en un modelo físico tridimensional en el cielo artificial, considerando una iluminación difusa de 8000 lux.

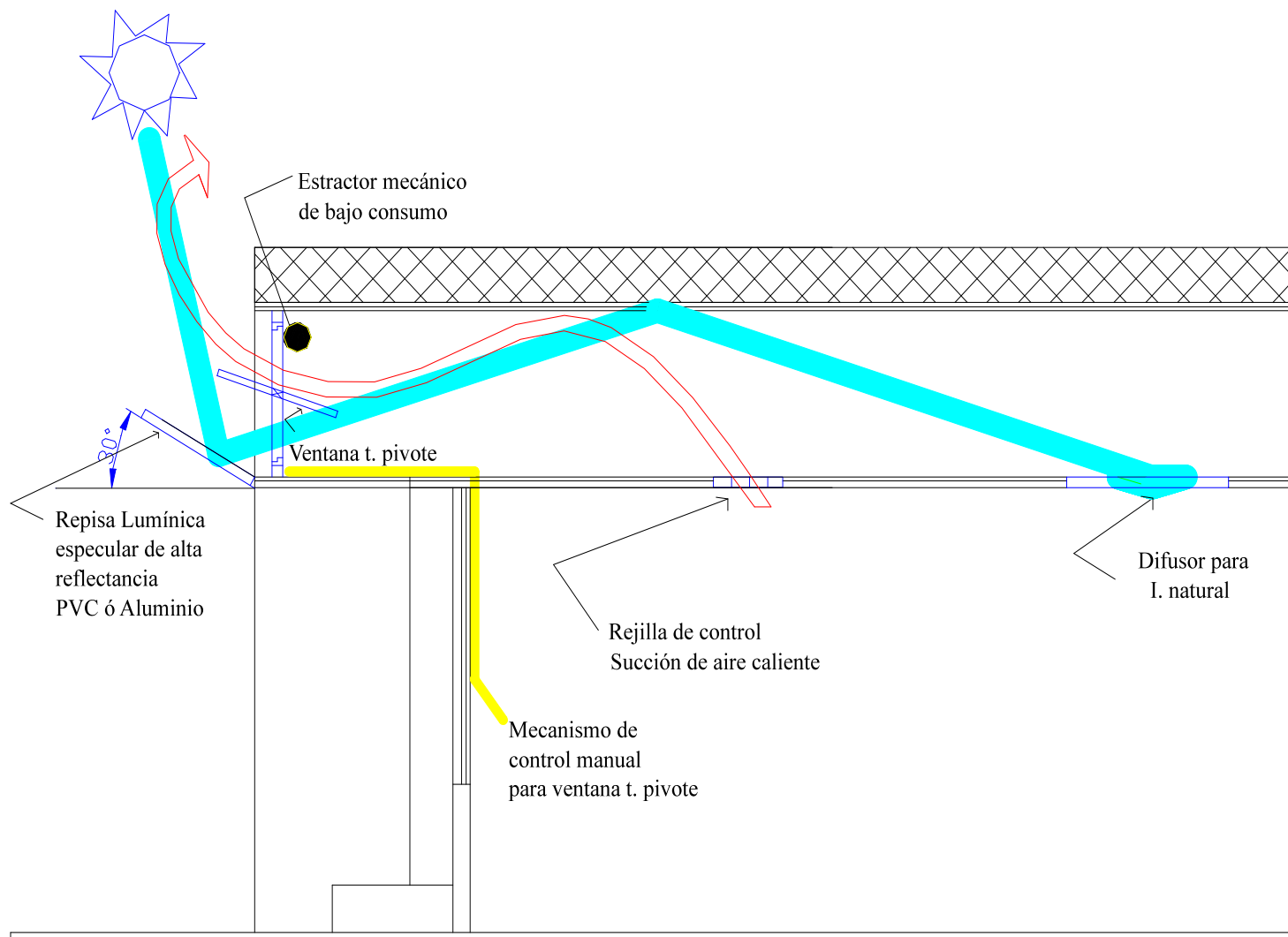


Fig. 4.14 Propuesta de ducto termolumínico para ganancia de iluminación natural y succión del aire caliente del interior de la zona de estudio (propuesta 1.8).

ΠΡΟΠΥΕΣΤΑ ΔΕ ΥΒΙΧΑΧΙΘΝ ΔΕ ΔΙΦΥΣΟΡΕΣ ΠΑΡΑ ΙΛΥΜΙΝΑΧΙΘΝ ΝΑΤΥΡΑΛ
ΥΔΙΡΕΧΧΙΘΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΘΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΘΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΘ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΑ Υ.Α.Μ.

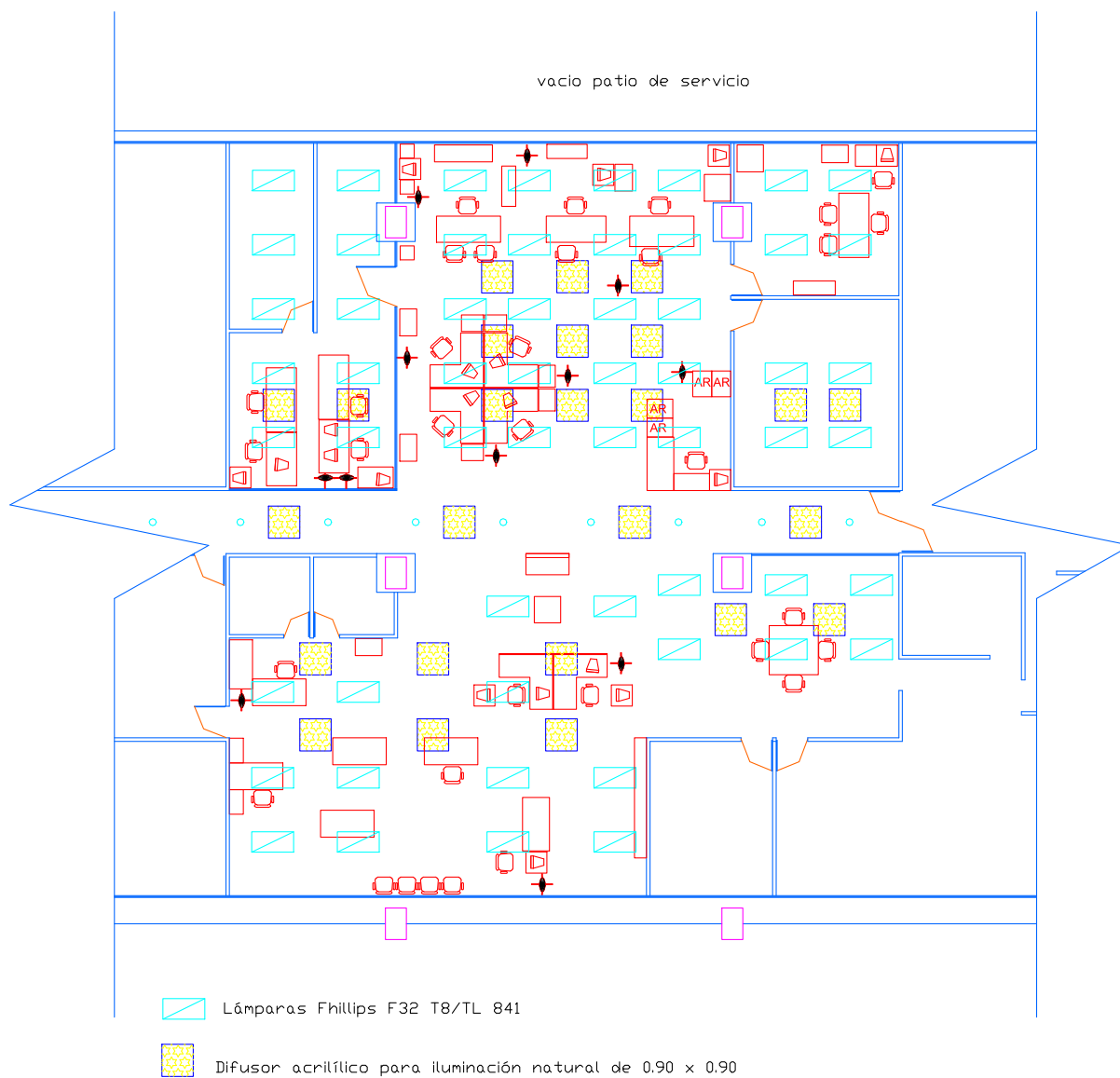


Fig. 4.15 Ubicaci3n de difusores para iluminaci3n natural en la zona espec3fica de estudio (propuesta 1.8).

4.3 Evaluación del comportamiento lumínico de la propuesta del ducto, en el cielo artificial (sol difuso).

La evaluación se realizó en el cielo artificial ubicado en el Laboratorio de Arquitectura Bioclimática de la U.A.M. Azcapotzalco. Esta evaluación se hizo en un modelo físico tridimensional de la zona de estudio, utilizando el megatrón que se colocó en su interior, en cada uno de los puntos seleccionados. Los puntos que se consideraron para la evaluación del ducto, fueron los más alejados de las ventanas.

La iluminación simulada por el cielo artificial en la mesa de trabajo, es de 7200 lux en promedio.

El ducto fue evaluado con diferentes acabados, siendo el más eficiente el acabado especular, que para este caso, se propone sea construido en lámina de aluminio brillante para poder dar un mejor mantenimiento. El mantenimiento en esta propuesta es fundamental para obtener la mayor eficiencia del ducto; ya que en nuestro país “la cultura de mantenimiento” aún esta en el olvido.

En la tabla 4.3 podemos observar los datos obtenidos en esta evaluación, nos damos cuenta que en esta propuesta para condiciones de iluminación natural difusa, las ganancias pueden ser de hasta 142% en promedio y en particular en algunos puntos la ganancia en niveles de iluminación es mayor al 200 %.

El modelo físico tridimensional de la zona de estudio, tiene el mismo cristal en las ventanas que el existente en el caso de estudio, para simular lo más próximo a la realidad. El cristal de la parte frontal del ducto no fue colocado, por esta razón a la ganancia de iluminación natural se le resta el 15%. Para el caso de estudio se considera que la zona de confort lumínico estaría a partir de los 400 lux, en varios puntos analizados en el estado actual del caso de estudio (sin difusores) la iluminación es menor a los 400 lux, y con la implementación del ducto, la mayoría de estos puntos podrían estar dentro de la zona de confort determinada.

ΥΒΙΧΑΧΙΘΝ ΔΕ ΠΥΝΤΟΣ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΘΝ ΔΕ ΙΛΥΜΙΝΑΧΙΘΝ ΕΝ ΛΑ ΜΑΘΥΕΤΑ
ΠΑΡΑ ΕΞΑΛΛΥΑΡ ΕΛ ΔΥΧΤΟ ΤΕΡΜΟΛΥΜΗΝΙΧΟ ΕΝ ΕΛ Χ. ΑΡΤΙΦΙΧΙΑΛ
ΥΔΙΡΕΧΧΙΘΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΘΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΟ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΙΑ Υ.Α.Μ. ΦΕΧΗΑ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΘΝ: 27 ΔΕ ΜΑΨΘ ΔΕΛ 2003

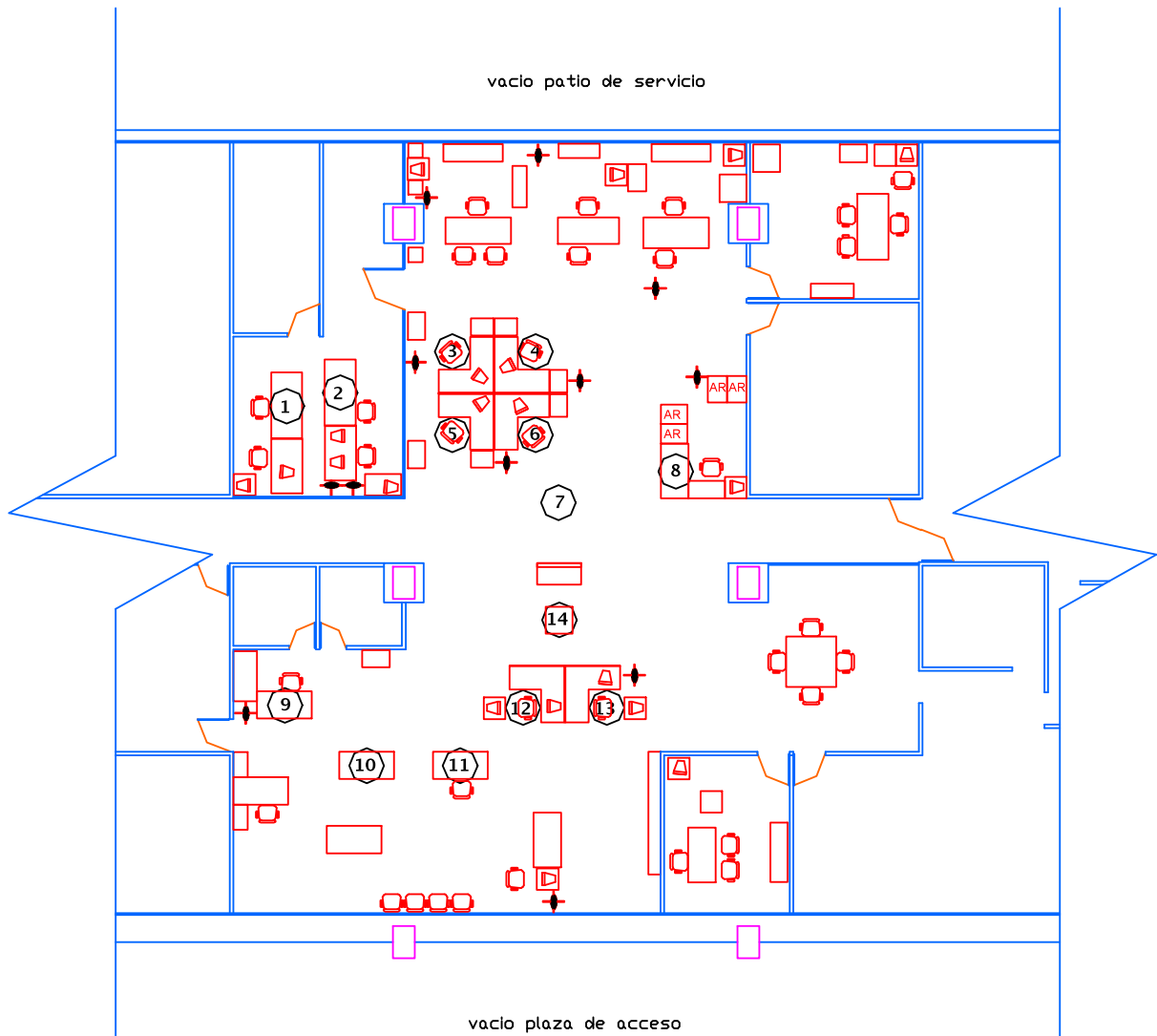


Fig. 4.16 Ubicación de puntos en la maqueta de la zona específica de estudio, para mediciones de niveles de iluminación en el cielo artificial.

DATOS DE ILUMINACIÓN TOMADOS EN EL CIELO ARTIFICIAL, EN LA MAQUETA DEL "CASO DE ESTUDIO"
CON LA PROPUESTA DEL DUCTO TERMOLUÍMINICO.

Puntos	Sin Difusores	Superficie total especular			Superior = Especular Inferior = Blanca			Superior = Blanca Inferior = Blanca		
	A	a	Lectura Real	Ganancia	b	Lectura Real	Ganancia	c	Lectura Real	Ganancia
	Lectura tomada Lux	Lectura Tomada Lux	a1 Lux	%	Lectura tomada Lux	b1 Lux	%	Lectura tomada Lux	c1 Lux	%
1 (5)	40	119	107	167	109	99	147	88	81	102
2 (6)	79	168	155	96	158	146	85	119	113	43
3 (7)	200	400	370	85	300	285	42	250	243	21
4 (8)	220	646	582	164	466	429	95	362	341	55
5 (9)	80	406	357	346	201	183	128	204	186	132
6 (10)	110	411	366	232	279	254	131	205	191	74
7 (11)	115	475	421	266	258	237	106	158	152	32
8 (12)	98	435	385	292	217	199	103	158	149	52
9 (13)	89	247	224	151	188	173	94	128	122	37
10 (14)	266	435	410	54	307	301	13	283	281	6
11 (15)	316	416	401	27	387	376	19	336	333	5
12 (16)	228	435	404	77	278	271	19	247	244	7
13 (18)	499	613	596	19	594	579	16	584	571	14
14 (19)	506	613	605	19	594	581	15	584	572	13
Promedio de ganancia				142%			72%			42%

Tabla 2.3 Evaluación del ducto termolumínico en el Cielo Artificial con diferentes acabados en sus paredes.

Lecturas reales:

$$a1 = ((a-A)(15\%))$$

$$b1 = ((b-A)(15\%))$$

$$c1 = ((c-A)(15\%))$$

Nota: En la maqueta no se consideró el cristal en la parte frontal del ducto, por lo tanto se considera una disminución en la ganancia de iluminación del 15 %.

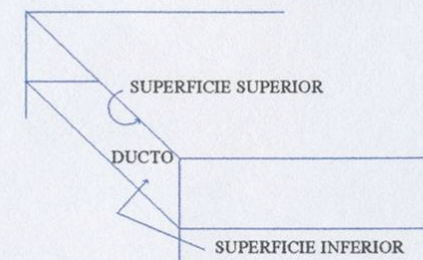




Fig. 4.18 Vista de la preparación de la maqueta para medir niveles de iluminación en el cielo artificial (en la propuesta 1.8).



Fig. 4.19 Vista de los difusores en el interior de la maqueta y del equipo para medición de niveles de iluminación.

4.4 Evaluación del comportamiento lumínico de la propuesta del ducto en condiciones de sol directo.

Para llevar a cabo esta evaluación se escogió un día con sol prácticamente despejado, en el cual la iluminación exterior estuvo por arriba de los 100,000 lux. La evaluación se hizo por medio del modelo físico tridimensional de la zona de estudio, realizándose en la azotea de una construcción para evitar las obstrucciones de los rayos solares. El equipo que se utilizó para hacer las mediciones fue el megatrón, que se ubicó en el interior de la maqueta en los 22 puntos seleccionados, en el exterior de la maqueta se colocó la gráfica gnomónica que sirvió para hacer la evaluación en las diferentes horas y épocas del año (equinoccio de primavera, solsticio de verano y solsticio de invierno).

Los resultados obtenidos de esta evaluación nos muestran que, los puntos o zonas de trabajo más favorecidos con esta propuesta, son los más alejados de las ventanas y que en los más cercanos a estas, no es tan notable la diferencia en la ganancia en niveles de iluminación.

En las fechas analizadas de acuerdo a la orientación de la zona de estudio, en el solsticio de verano es cuando mayor es el promedio de la ganancia en iluminación natural y en el equinoccio de primavera es menor. La hora más favorable en las ganancias lumínicas, fue a partir de las 15 hrs. En la zona ubicada en el punto 10 la ganancia fue hasta del 136%, esto se dio en verano a las 15 hrs., mientras que en el punto 6 en verano fue también de 136% la ganancia a las 9 hrs.

Los resultados de esta evaluación los podemos observar en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6., correspondiente a valores obtenidos en cada una de las fechas. De las dos evaluaciones realizadas para este caso de estudio, la condición más desfavorable es la de iluminación difusa; pero es aquí donde se nota más la ganancia de iluminación natural a través del ducto. En el caso de la iluminación con sol directo, hay fechas en que la eficiencia del ducto es mayor, dependiendo de altura y dirección del rayo solar.

ΥΒΙΧΑΧΙΘΝ ΔΕ ΠΥΝΤΟΣ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΘΝ ΔΕ ΙΛΥΜΙΝΑΧΙΘΝ ΕΝ ΛΑ ΜΑΘΥΕΤΑ, ΥΣΑΝΔΟ ΕΛ ΣΟΛ ΔΙΡΕΧΤΙ
ΥΔΙΡΕΧΧΙΘΝ ΔΕ ΠΛΑΝΕΑΧΙΘΝ Ψ ΔΕΣΑΡΡΟΛΛΟ ΙΝΣΤΙΤΥΧΙΟΝΑΛΥ
ΕΔΙΦΙΧΙΘΝ ΔΕ ΡΕΧΤΟΡΓΙΑ Υ.Α.ΜΦΕΧΗΑ ΔΕ ΜΕΔΙΧΙΘΝ: 20 ΔΕ ΟΧΤΥΒΡΕ ΔΕΛ 2001



Fig. 4.20 Ubicación de puntos para medición de iluminación natural en condiciones de sol directo.

5.1 Contribución de las propuestas para el caso de estudio.

Las ventajas y beneficios que se obtienen al proponer estrategias de diseño con un carácter sustentable, orientadas a la búsqueda del confort termo-lumínico, cuando éstas son las adecuadas, principalmente en un edificio de oficinas que alberga una gran cantidad de personas, no solo repercuten en el uso eficiente de la energía, sino también en el mejoramiento de las condiciones de trabajo de los ocupantes; ayudando de esta manera al mejoramiento del rendimiento laboral y a la disminución de problemas de salud ocasionados por una mala iluminación, o por un espacio con temperaturas muy altas o bajas.

Es importante señalar que el ahorro en el consumo energético, como estrategia no quiere decir escatimar, en el caso de la iluminación, en los niveles recomendables de iluminación, sino proporcionar la mayor cantidad de iluminación natural posible, y esta se integre armónicamente con la iluminación artificial, utilizando los equipos de iluminación artificial disponibles más eficientes. Por otra parte, es muy importante destacar que además de proporcionar la cantidad de luz necesaria para la óptima realización de las tareas visuales de los usuarios, es indispensable dotar de calidad lumínica los ambientes y espacios arquitectónicos en los que el usuario desarrolla sus diversas actividades. Por lo tanto, es recomendable que exista una relación adecuada entre la cantidad y la calidad de luz en los diversos espacios de las edificaciones.

Por lo tanto, la aplicación de las propuestas antes mencionadas, tiene el potencial de contribuir a lograr las siguientes ventajas y beneficios:

- Confort termo-lumínico de los usuarios
- Mejoramiento de la productividad, eficiencia y competitividad en las diversas actividades de los usuarios
- Mejoramiento de la salud de los usuarios
- Ahorro de energía y economía
- Preservación y mejoramiento del medio ambiente natural
- Mejoramiento de las condiciones de la calidad de vida de los usuarios

5.2 Beneficio al mejoramiento del medio ambiente.

El impacto de estas propuestas de diseño en el ahorro de energía puede ser significativo, tanto con las medidas que contribuyen al confort térmico como al lumínico. Se estima que el ahorro de energía con las estrategias de diseño propuestas puede alcanzar más de 30%. Además del impacto favorable en el confort termo-lumínico de los usuarios y el ahorro de energía, se tendrán beneficios ambientales. Es precisamente en este sentido que el confort termo-lumínico por medio de la implementación de sistemas pasivos de arquitectura bioclimática, integrados con sistemas eléctricos de alta eficiencia, es importante, sobre todo en edificios de oficinas, donde el consumo de energía eléctrica para climatización y alumbrado, representa una parte significativa del total.

Al implementar las propuestas de diseño bioclimático, únicamente en la zona específica de estudio, se estima un ahorro en el consumo de energía de 6082.56 Kw/h anual y se dejan de emitir al ambiente:

- 4141.22 Kilogramos de CO₂.
- 35.28 Kilogramos de SO₂.
- 15.20 Kilogramos de NOx.

Si los datos anteriores los consideramos para todo el edificio caso de estudio, (aumentaría a un 2300%) tendríamos un ahorro estimado en el consumo de energía de 139,898.88 Kw/h anual y se dejarían de emitir al ambiente:

- 95.27 Toneladas de CO₂.
- 0.811 Toneladas de SO₂.
- 0.349 Toneladas de NOx.

Las propuestas de diseño presentadas en este trabajo están enfocadas a lograr este objetivo. Así mismo, es importante señalar que existe un número importante de edificios ya construidos en México, que requieren la realización de un diagnóstico y la aplicación de medidas como las aquí presentadas. Estas acciones podrían promoverse como un ejemplo demostrativo y utilizar los resultados obtenidos para contribuir a lograr un efecto

|multiplicador a nivel nacional que establezca las bases de una nueva cultura en el uso de la energía y los recursos en las edificaciones en México.

5.3 Análisis de costo beneficio.

Rediseño de circuitos para iluminación artificial y ducto termolumínico (propuestas 4.2 y 4.8).

Se consideran 44 lámparas que dejarían de funcionar durante gran parte del día, (9.00 hrs.).

Costo de las propuestas:

- Rediseño de circuitos.
- Controles.
- Colocación de sensores de presencia.
- Construcción de ducto.
- Mano de obra en general.

Costo de los trabajos = \$ 85, 000.00

Recuperación de la inversión:

Consumo = $44 \times 64 = 2.816 \text{ Kw/h}$

Consumo diario = 25.344 Kw/h

Consumo semanal = 126.720 Kw/h

Consumo bimestral = 1013.760 Kw/h

Consumo anual = 6082.560 Kw/h

$6082.56 \times 3.40 = \$ 20,680.70$

Tiempo de recuperación = Costo / ahorro anual

Tiempo de recuperación = 4.11 años.

CONCLUSIONES GENERALES.

De acuerdo a las hipótesis planteadas y al desarrollo de este trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Lograr que en un edificio de oficinas exista un uso eficiente de iluminación en general y condiciones térmicas confortables, es un objetivo que no solo ayudará a que los ocupantes desarrollen sus actividades con mayor eficiencia y en buenas condiciones de salud, sino que también disminuya el consumo energético, mejorando así el medio ambiente.

En los espacios de trabajo para oficina cuya tarea visual principal es la de lectura y escritura, la longitud del ancho del espacio, no debe ser mayor a 2.5 veces la altura que existe entre el plano de trabajo y el plafón, para tener el mejor aprovechamiento de la iluminación natural. En espacios demasiado anchos como los analizados en este trabajo, la penetración de iluminación natural a través de la cancelería es muy escasa y por esta razón se tiene que depender de la iluminación artificial durante casi todo el día.

Los circuitos eléctricos para iluminación artificial deben ser diseñados o rediseñados, de tal manera, que permitan solo tener prendidas aquellas lámparas en donde la iluminación natural sea menor a los niveles requeridos (generalmente espacios mas alejados de la cancelería), durante las horas de trabajo de los usuarios. Así mismo implementar dispositivos de control de iluminación artificial, como pueden ser, dimmer, sensores de presencia etc. Es recomendable la utilización de equipos de iluminación artificial más eficientes y de bajo consumo.

Como se pudo observar con la propuesta del ducto en el caso de estudio, al implementar dispositivos de control termolumínico, se mejorarán las condiciones de confort térmico y lumínico, que a su vez tendrá impacto en el consumo energético y en el mejoramiento al medio ambiente. En la evaluación de esta propuesta se observa que, se pueden obtener ganancias en los niveles de iluminación natural en zonas más desfavorables e inclusive por arriba del 100%.

Es importante señalar que para aquellos edificios de oficinas, que albergan grandes cantidades de usuarios, y que no cuentan con sistemas de climatización artificial, principalmente para enfriamiento, sus sistemas de ventanería deben permitir la mayor captación y renovación de aire.

Como resultado del análisis de las diferentes variables consideradas en esta investigación, se propone que los niveles mínimos de confort lumínico, para espacios de trabajo cuya tarea visual principal sea la de **lectura y escritura**, estén comprendidos entre los 400 y 600 lux. El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal exige como niveles mínimos 250 lux.

En lo que se refiere al confort térmico, la zona de confort para este tipo de clima se estima, que varía entre los 19.9 °C hasta los 24.9 °C, con una humedad relativa del 40% al 60%. Cabe señalar que en el interior del caso de estudio, la humedad relativa monitoreada siempre estuvo abajo del 40%, aun cuando la humedad relativa monitoreada en el exterior del edificio llegó a rebasar el 80%.

El confort termo-lumínico es particularmente importante en las edificaciones de oficinas, donde factores tales como: las tareas visuales a realizar, la carga térmica interior proveniente de usuarios y equipo, los niveles de consumo de energía, el mantenimiento de la funcionalidad de los espacios, la obtención de niveles de eficiencia y productividad laboral, niveles de salud de los ocupantes, entre otros, determinan las estrategias de diseño bioclimático y ecológico-energético a desarrollar.

En la zona específica de estudio las oficinas cerradas tienden a ser más calurosas en verano que las oficinas abiertas. Tal es el caso de la oficina donde se localiza el punto 5 de medición para temperatura, el cual llegó a registrar temperaturas hasta de 35°C.

En la época de verano la mayoría de los espacios de trabajo de la zona específica de estudio, la temperatura rebasa la zona de confort comprendida entre 19.9 °C y 24.9 °C. Así lo podemos observar en las gráficas de datos de temperatura registrados en las zonas de trabajo.

En invierno la mayoría de estos espacios de trabajo de la zona específica de estudio cuentan con condiciones térmicas confortables, solo en algunas ocasiones la temperatura baja aproximadamente 2 °C de la zona considerada de confort.

De la segunda hipótesis planteada respecto a las ganancias térmicas por equipos de iluminación artificial, se observó en el balance térmico realizado en la zona específica de estudio que, en realidad no es tan significativo el impacto de ésta en el confort térmico y que el problema radica mas en ganancias térmicas por equipos de computo, usuarios y por parte del exterior a través del edificio.

ÍNDICE DE FIGURAS.

- 1.1 Seguimiento metodológico para este trabajo de investigación.
- 1.2 Cielo artificial utilizado en las mediciones de iluminación natural.
- 1.3 Vista del logger utilizado para medición de temperatura.
- 1.4 Vista de luxómetro tipo ilunometer Fx-200. The Watt Stopper.
- 1.5 Vista de luxómetro tipo Light Meter, Extech Instruments.
- 1.6 Vista de frontal del piranómetro para medición de radiación solar.
- 1.7 Vista del equipo completo que se utilizó para medir radiación +solar con lecturas tomadas en milivolts.
- 1.8 Vista del actinógrafo que se utilizó para medir radiación solar, colocado en la azotea del edificio.
- 1.9 Vista de la parte interna del actinógrafo.
- 1.10 Vista del termohigrógrafo que se utilizó para medir temperatura y humedad colocado en el interior del edificio caso de estudio.
- 1.11 Vista del termohigrógrafo que se utilizó para medir temperatura y humedad colocado en la azotea del edificio caso de estudio.
- 1.12 Colocación del termohigrógrafo en la azotea del edificio caso de estudio, también se colocó un sensor para temperatura (logger).
- 1.13 Vista del termohigrógrafo que se utilizó para medir temperatura y humedad.
- 1.14 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 1 (logger 1355 y 1354).
- 1.15 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 2 (logger 1402 y 1341).
- 1.16 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 3 (logger 1376 y 1369).
- 1.17 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 5 (logger 1341 y 1355).
- 1.18 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 6 (logger 1486 y 1455).
- 1.19 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No 7 (logger 1359 y 1486).
- 1.20 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 9 (logger 1359).
- 1.21 Colocación del logger para medición de temperatura en el punto No. 10. Nota: este punto solo fue de prueba, los datos no fueron utilizados.
- 1.22 Vista de la colocación del actinógrafo en la azotea del edificio caso de estudio.
- 1.23 Vista de la colocación del termohigrógrafo en la azotea del edificio caso de estudio. También se colocó el logger para temperatura exterior (p.10).
- 2.1 Comparación de illuminating engineering society (ies) de iluminancias en varios países.
- 3.1 Vista frontal del edificio caso de estudio.
- 3.2 Vista de la maqueta del proyecto original del edificio caso de estudio.
- 3.3 Vista interior del edificio caso de estudio (plaza de acceso).
- 3.4 Planta de conjunto del edificio de rectoría general de la Universidad Autónoma Metropolitana.
- 3.5 Localización de la zona específica de estudio.
- 3.6 Estado actual del mobiliario en la zona específica de estudio.
- 3.7 Localización de puntos de medición para temperatura.
- 3.8 Gráfica de temperatura en el punto 1 de datos tomados del 25 de mayo del 2001 hasta el 7 de junio del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.9 Gráfica de temperatura en el punto 1 de datos tomados del 28 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.10 Gráfica de temperatura en el punto 2 de datos tomados del 28 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.11 Gráfica de temperatura en el punto 2 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.12 Gráfica de temperatura en el punto 3 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del

- 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.13 Gráfica de temperatura en el punto 3 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.14 Gráfica de temperatura en el punto 4 de datos tomados del 25 de mayo del 2001 hasta el 7 de junio del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.15 Gráfica de temperatura en el punto 4 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.16 Gráfica de temperatura en el punto 5 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.17 Gráfica de temperatura en el punto 5 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.18 Gráfica de temperatura en el punto 6 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.19 Gráfica de temperatura en el punto 6 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.20 Gráfica de temperatura en el punto 7 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.21 Gráfica de temperatura en el punto 7 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.22 Gráfica de temperatura en el punto 8 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.23 Gráfica de temperatura en el punto 8 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.24 Gráfica de temperatura en el punto 9 de datos tomados del 27 de julio del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.25 Gráfica de temperatura en el punto 9 de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.26 Gráfica de temperatura en el punto 10 (temperatura exterior) de datos tomados del 6 de agosto del 2001 hasta el 22 de septiembre del 2001, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.27 Gráfica de temperatura en el punto 10 (temperatura exterior) de datos tomados del 23 de noviembre del 2001 hasta el 19 de enero del 2002, y ubicación en la zona de estudio.
- 3.28 Comparación térmica de datos registrados en el interior y exterior (punto 10) del caso de estudio, el 10 de agosto del 2001.
- 3.29 Comparación térmica de datos registrados en el interior y exterior (punto 10) del caso de estudio, el 13 de enero del 2002.
- 3.30 Localización de los 45 puntos para medición de niveles de iluminación en la zona de estudio.
- 3.31 Curvas de isolux de niveles de iluminación de datos tomados el 20 de junio del 2001 en la zona de estudio.
- 3.32 Comportamiento gráfico de los datos de iluminación de la tabla anterior.
- 3.33 Curvas de isolux de niveles de iluminación de datos tomados el 29 de junio del 2001 en la zona de estudio.
- 3.34 Comportamiento gráfico de los datos de iluminación de la tabla anterior.
- 4.1 Propuesta 1.1 reubicación del mobiliario en la zona específica de estudio.
- 4.2 Ubicación de puntos de medición para iluminación, para evaluar las propuestas en el cielo artificial.
- 4.3 Vista de la preparación de la maqueta para medir niveles de iluminación en el cielo artificial (estado actual del edificio).
- 4.4 Colocación en la maqueta del equipo para medición de niveles de iluminación.
- 4.5 Vista de la preparación de la maqueta para medir niveles de iluminación en el cielo artificial (en la propuesta 1.4).

- 4.6 Vista de la preparación de la maqueta para medir niveles de iluminación en el cielo artificial (en la propuesta 1.5).
- 4.7 Resumen gráfico de datos de iluminación tomados en el estado actual del caso de estudio y en las propuestas (ver tabla 4.1).
- 4.8 Situación actual de los equipos de iluminación artificial en la zona específica de estudio.
- 4.9 Situación actual de los circuitos para iluminación artificial en la zona específica de estudio.
- 4.10 Propuesta de rediseño de circuitos para iluminación artificial en la zona específica de estudio (propuesta 4.3).
- 4.11 Recomendación para penetración de iluminación natural, para realizar tareas visuales de escritura y lectura.
- 4.12 Corte esquemático de la penetración de iluminación natural en el estado actual del edificio caso de estudio.
- 4.13 Corte esquemático en donde se propone aumentar la altura de entrepiso del edificio caso de estudio para obtener mayor captación de iluminación natural (propuesta 1.5).
- 4.14 Propuesta de ducto termolumínico para ganancia de iluminación natural y succión del aire caliente del interior de la zona de estudio (propuesta 1.8).
- 4.15 Ubicación de difusores para iluminación natural en la zona específica de estudio (propuesta 1.8).
- 4.16 Ubicación de puntos en la maqueta de la zona específica de estudio, para mediciones de niveles de iluminación en el cielo artificial.
- 4.17 Gráfica de comportamiento lumínico, de datos obtenidos en la evaluación del ducto termolumínico en el cielo artificial.
- 4.18 Vista de la preparación de la maqueta para medir niveles de iluminación en el cielo artificial (en la propuesta 1.8).
- 4.19 Vista de los difusores en el interior de la maqueta y del equipo para medición de niveles de iluminación.
- 4.20 Ubicación de puntos para medición de iluminación natural en condiciones de sol directo.
- 4.21 Gráfica de comportamiento lumínico, de datos obtenidos en la evaluación del ducto termolumínico, para condiciones de sol directo en el equinoccio de primavera.
- 4.22 Gráfica de comportamiento lumínico, de datos obtenidos en la evaluación del ducto termolumínico, para condiciones de sol directo en el solsticio de verano.
- 4.23 Gráfica de comportamiento lumínico, de datos obtenidos en la evaluación del ducto termolumínico, para condiciones de sol directo en el solsticio de invierno.
- 4.24 Vista de la preparación del equipo y la maqueta para hacer la evaluación del ducto con sol directo.
- 4.25 En esta toma fotográfica se observa la sombra que se hizo sobre el equipo, para poder medir la iluminancia exterior, sin sombra se rebasaron los 100,000 lux).
- 4.26 Vista de la cancelería existente en la cual la ventilación natural es prácticamente nula.
- 4.27 Propuesta de cancelería para propiciar el aumento de ventilación hacia el interior de la zona específica de estudio (propuesta 3.2).
- A.1.1 Espectro electromagnético.
- A.1.2 Difusión de la luz.
- A.1.3 Absorción de los colores.
- A.1.4 Polarización de la luz.
- A.1.5 Reflexión de la luz.
- A.1.6 Refracción de la luz.
- A.1.7 Transmisión de la luz.
- A.1.8 Comparación del ojo con una cámara fotográfica.
- A.1.9 Espectro de la sensibilidad del ojo humano comparado con el espectro de la distribución de la energía solar.
- A.1.10 Conformación del ojo humano.
- A.1.11 El campo visual.
- A.1.12 Ojo con vista normal.
- A.1.13 Ojo con miopía ó corto de vista.

- A.1.14 Ojo con vista hipermetrope.
- A.1.15 Curva de sensibilidad del ojo.
- A.1.16 Escala de temperatura de color.
- A.1.17 Diagrama cromático.
- A.1.18 Ley de la inversa de los cuadrados.
- A.1.19 Senoide de la radiación.
- A.1.20 Composición del campo visual: (a) objeto, (b) entorno próximo y (c) entorno lejano.
- A.1.21 Deslumbramiento reflejado.
- A.2.1 Espectro visual.
- A.2.2 Coordenadas celestes.
- A.2.3 Espectro térmico.
- A.2.4 Conducción.
- A.2.5 Convección forzada.
- A.2.6 Radiación.
- A.3.1 Balance térmico del cuerpo humano.
- A.3.2 Espectro visible.
- A.3.3 Comportamiento esquemático de sombras del edificio en invierno.
- A.3.4 Adición y substracción del color.
- A.5.1 Estrategias de confort de acuerdo a la carta psicrométrica, para la Ciudad de México.
- A.5.2 Zona de confort para la Ciudad de México de acuerdo a la carta bioclimática.
- A.6.1 Gráfica de datos de radiación solar tomados en la azotea del edificio caso de estudio el 6 de agosto del 2001.
- A.6.2 Gráfica de datos de radiación solar tomados en la azotea del edificio caso de estudio el 10 de agosto del 2001.
- A.6.3 Gráfica de datos de radiación solar tomados en la azotea del edificio caso de estudio el 20 de agosto del 2001.
- A.6.4 Gráfica de datos de humedad tomados en la azotea del edificio caso de estudio el 10 de agosto del 2001.
- A.6.5 Gráfica de datos de humedad tomados en la azotea del edificio caso de estudio el 20 de agosto del 2001.
- A.6.6 Gráfica de datos tomados a partir del 10 de agosto del 2001 a las 9:40 a.m.
- A.6.7 Gráfica de datos tomados a partir del 31 de agosto del 2001 a las 11:05 a.m.
- A.6.8 Gráfica de datos tomados a partir del 10 de agosto del 2001 a las 10:00 a.m.
- A.6.9 Gráfica de datos tomados a partir del 20 de agosto del 2001 a las 10:00 a.m.
- A.7.1 Asoleamiento en la zona específica de estudio, para el equinoccio de primavera, solsticio de verano y solsticio de invierno.

ÍNDICE DE TABLAS.

- 2.1 Requisitos de cambios de aire por hora para algunos locales.
- 2.2 Niveles de iluminación en lux para oficinas.
- 2.3 Dimensiones para patios de iluminación en las edificaciones.
- 2.4 Valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- 2.5 Aplicación de la norma en el caso de estudio.
- 2.6 Recomendación de niveles de iluminación para oficinas en lux.
- 2.7 Porcentaje de usuarios que presentan problemas de salud debido a iluminación insuficiente en sus áreas de trabajo.
- 3.1 Datos lumínicos con factor día tomados con luxómetro en el interior de la zona de estudio el 20 de junio del 2001.
- 3.2 Datos de iluminación tomados en la zona de estudio el 27 de agosto del 2001.
- 3.3 Datos lumínicos con factor día tomados con luxómetro en el interior de la zona de estudio el 29 de junio del 2001.
- 3.4 Datos de iluminación tomados en la maqueta de la zona de estudio (estado actual) en el cielo artificial.
- 4.1 Datos de iluminación tomados en el estado actual del caso de estudio y en las propuestas.
- 4.2 Comparación de algunos balastos electromagnéticos y electrónicos para cierto tipo de lámparas.
- 4.3 Evaluación del ducto termolumínico en el cielo artificial con diferentes acabados en sus paredes, iluminancia simulada por el cielo 7200 Lux en promedio.
- 4.4 Evaluación del ducto termolumínico para condiciones de sol directo en el equinoccio de primavera.
- 4.5 Evaluación del ducto termolumínico para condiciones de sol directo en el solsticio de verano.
- 4.6 Evaluación del ducto termolumínico para condiciones de sol directo en el solsticio de invierno.
- A.3.1 Grado metabólico para un hombre adulto (watts).
- A.3.2 Valores de unidades clo cibs guide (1970).
- A.4.1 Normales Climatológicas de la Ciudad de México.
- A.4.2 Datos horarios de temperatura y humedad de la Ciudad de México.
- A.4.3 Datos horarios de temperatura y humedad de la Ciudad de México, con zona de confort.
- A.6.1 Datos de temperatura registrados por el logger No. 4545 en el punto 1, entre el 25 de mayo del 2001 y el 5 de junio del 2001.
- A.6.2 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 1, entre el 23 de noviembre del 2001 y el 20 de diciembre del 2001.
- A.6.3 Continuación de datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 1, entre el 10 de enero del 2002 y el 13 de enero del 2002.
- A.6.4 Datos de temperatura registrados por el logger No. 4545 en el punto 2, entre el 25 de mayo del 2001 y el 5 de junio del 2001.
- A.6.5 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 2, el 23 de noviembre del 2001.
- A.6.6 Datos de temperatura registrados por el logger No. 4546 en el punto 3, entre el 25 de mayo, el 20 de junio y el 27 de julio del 2001.
- A.6.7 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5379 en el punto 3, el 23 de noviembre del 2001.
- A.6.8 Datos de temperatura registrados por el logger No. 4547 en el punto 4, el 25 de mayo del 2001.
- A.6.9 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5379 en el punto 4, el 27 de julio del 2001.
- A.6.10 Datos de temperatura registrados por el logger No. 4602 en el punto 5, entre el 25 d mayo del 2001 y el 28 de mayo del 2001.
- A.6.11 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5379 en el punto 5, entrev el 27 de julio, el 23 de noviembre y el 20 de diciembre del 2001.

- A.6.12 Continuación de datos de temperatura registrados por el logger No. 5379 en el punto 5, entre el 10 de enero, el 12 de enero y el 13 de enero del 2002.
- A.6.13 Datos de temperatura registrados por el logger No. 4545 en el punto 6, entre el 25 de mayo del 2001 y el 20 de junio del 2001.
- A.6.14 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5377 en el punto 6, entre el 27 de julio, el 23 de noviembre y el 20 de diciembre del 2001.
- A.6.15 Continuación de datos de temperatura registrados por el logger No. 5377 en el punto 6, entre el 10 de enero, el 12 de enero y el 13 de enero del 2002.
- A.6.16 Datos de temperatura registrados por el logger No. 6801 en el punto 7, el 20 de junio del 2001.
- A.6.17 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 7, el 27 de julio del 2001.
- A.6.18 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 7, el 23 de noviembre del 2001.
- A.6.19 Datos de temperatura registrados por el logger No. 6777 en el punto 8, el 20 de junio del 2001.
- A.6.20 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5377 en el punto 8, el 27 de julio del 2001.
- A.6.21 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 8, entre el 23 de noviembre del 2001 y el 24 de noviembre del 2001.
- A.6.22 Datos de temperatura registrados por el logger No. 6812 en el punto 9, el 20 de junio del 2001.
- A.6.23 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5380 en el punto 9, el 27 de julio del 2001.
- A.6.24 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 9, el 23 de noviembre del 2001.
- A.6.25 Datos de temperatura registrados por el logger No. 6804 en el punto 10, entre el 20 de junio del 2001 y el 6 de agosto del 2001.
- A.6.26 Continuación de datos registrados por el logger No. 6804 en el punto 10, entre el 19 de agosto del 2001 y el 20 de septiembre del 2001.
- A.6.27 Datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 10, entre el 23 de noviembre del 2001 y el 20 de diciembre del 2001.
- A.6.28 Continuación de datos de temperatura registrados por el logger No. 5378 en el punto 10, entre el 10 de enero del 2002 y el 13 de enero del 2002.
- A.6.29 Datos de radiación solar tomados con piranómetro el 6 de agosto del 2001.
- A.6.30 Datos de radiación solar tomados con piranómetro el 10 de agosto del 2001.
- A.6.31 Datos de radiación solar tomados con piranómetro el 20 de agosto del 2001.
- A.6.32 Datos de temperatura y humedad tomados con termohigrómetro el 10 de agosto del 2001.
- A.6.33 Datos de temperatura y humedad tomados con termohigrómetro el 20 de agosto del 2001.
- A.8.1 Balance térmico realizado con datos reales en la zona específica de estudio (estado actual).
- A.9.1 Balance térmico realizado con datos reales en la zona específica de estudio (propuesta).

Bibliografía.

- | | |
|---|---|
| AEMC, Instruments | User Manual, Simple Logger, U.S.A, 1997. |
| Allen, Edward | Cómo Funciona un Edificio, Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1982. |
| American National Standard | Office Lighting. Ansi/IESNA RP-1-1993. |
| Brown, G.Z. | Sol, Luz y Viento, Estrategias para el Diseño Arquitectónico, Editorial Trillas, México, D.F., 1995. |
| Crane-Dixon | Oficinas, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V., México, 1992. |
| Fawcett, Charles De Van Gay et al. | Instalaciones en los Edificios, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V., México, 1991. |
| Fuller Moore | Environmental Control Systems. Heating Cooling Lighting, McGraw-Hill, Inc., 1993. |
| García, Enriqueta | Apuntes de Climatología. Talleres Larios, México, D.F. 1986. |
| García Ch, J. Roberto y Fuentes F. Victor | Viento, Arquitectura, Editorial Trillas, México, D.F. 1995. |
| García Ch, J. Roberto | Desarrollo Sustentable en el Hábitat Construido. Compilador, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. 1998. |
| García Ch, J. Roberto | Hacia una Arquitectura Ecológica y Sustentable. Compilador, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. 2000. |
| García Ch, J. Roberto et Al. | Introducción a la Arquitectura Bioclimática. Limusa 2001. |
| Givoni, B. | Man, Climate and Architecture. Van Nostrand Reinhold, New York, 1981. |
| Jiménez, Carlos | Manuales de Luminotecnia, Oficinas, Ediciones Ceac, Barcelona, España 1997. |

Lacomba Ruth, etal	Manual de Arquitectura Solar, Editorial Trillas, México, D.F. 1990.
Leyes y Códigos de México	Reglamento de Cosntruccion para el Distrito federal, Editorial Porrúa, México, D.F. 2001.
Mazria Edward	El libro de la Energía Solar. Ediciones G. Gili, S.A. de C.V., México 1985.
Merritt, Frederick	Enciclopedia de la Construcción, Arquitectura e Ingeniería, Editorial Océano.
Olgyay, Victor y Aladar	Solar Control and Shading Devices. Princeton University Press. Princeton U.S.A. 1963.
Olgyay, Victor	Design With Climate, Princeton University Press. Princeton, U.S.A 1963.
Osram, S.A.	Manual de Luminotecnia, Editorial Dassat, S.A.
Phillips	Catálogo General de Especificaciones 200 Phillips Mexicana S.A. de C.V.
Puppo, Ernesto y Puppo, Giorgio	Acondicionamiento Natural y Arquitectura. Buixaren Editores Barcelona, España 1972.
Ramón, F.	Ropa, Sudor y Arquitectura, Editorial Blume, Barcelona, España, 1980.
S.A.R.H	Atlas del Agua de la República Mexicana, S.A.R.H, México D.F. 1976.
Secretaria de Energía	Balance Nacional de Energía 1999. Secretaria de Energía, México, 2000.
S.M.N	Normales Climatológicas, Dirección General de Geografía y Meteorología, Servicio Meteorológico Nacional, México. D.F. 1976.
Szokolay, Steven	Energía Solar y Edificación, Editorial Blume, Barcelona, España, 1978.
Szokolay, Steven	Enviromental Sciencie Handbook, Editorial The Construction Press, Ltd.

	Lancaster, England, 1980.
Tamayo, Mario	El proceso de la Investigación Científica, Editorial Limusa, S.A. de C.V., México. 1998.
The Electricity Council	Better Office Lighting, EC 3917/12.83.
Tudela, Fernando	Ecodiseño, U.A.M Xochimilco, México. D.F. 1982.
Westinhouse	Manual de Alumbrado. Editorial Dossat, S.A.
Zard, Jean-Louis, Alain Guyot	Arquitectura Bioclimática, Ediciones G. Gili, S.A., México, D.F. 1983.
Zorrilla Arena, Santiago	Introducción a la Metodología de la Investigación, Editorial Aguilar León y Cal Editores, S.A. de C.V., México, 1989.

Referencias Electrónicas

<http://www.conae.gob.mx/apt/medidasoper.html>
<http://www.conae.gob.mx/eventos/cieneeddifpub.html>
<http://www.conae.gog.mx/cgis/iluminaciob.html>
<http://www.conae.gog.mx/ahorro/ideas-ilina.html>